TITUS FILIPAȘ

DE LA MITUL ASTRAL LA ASTROFIZICA

SCRISUL ROMÂNESC

Lei 12

SCRISUL ROMÂNESC

Veron, P., *Les Quasars*, Paris, P.U.F., 1974.

Vigroux, L., *Les nuages de Magellan*, în „La Recherche", nr. 99, aprilie 1979, p. 346—354.

Vnezemnye civilizacii, Moskva, Nauka, 1969.

Voroncov-Veliaminov, B. A., *Krasnoe smeščenie v spektrah galaktik i kvazarov* în „Zemlja i vselennaja", nr. 6, 1974, p. 22—26.

Voroncov-Veliaminov, B. A., *Vnegalaktičeskaja astronomija*, Moskva, Nauka, 1978.

Weliachew, L., *Messier 82, ou la fausse galaxie explosive*, în „La Recherche", nr. 67, mai 1976, p. 464—467.

Zasov, A. V., *Spiral'nye vetvy. Zdes'roždajutsja zvězdy*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 6, 1974, p. 2—10.

CUPRINS

Cap. I Mituri și constelații 5
Cap. II Cosmologiile vechi 22
Cap. III Măsura timpului astronomic și mișcările Pământului 32
Cap. IV Invenția lunetei 42
Cap. V Telescopul cu oglindă metalică 52
Cap. VI Cerul se lărgește 61
Cap. VII Lumină și culoare în univers 70
Cap. VIII Instrumentația astronomică și „limitele creșterii" 81
Cap. IX Galaxiile și Galaxia 93
Cap. X Radioastronomia 105
Cap. XI Expansiunea universului și Marea Explozie . . 115
Cap. XII Quasarii 126
Cap. XIII Steaua neutronică 138
Cap. XIV „Fantome negre în univers" 150
Cap. XV Mediul interstelar 161
Cap. XVI Căutarea civilizațiilor extraterestre . . . 171
Cap. XVII Interpretările paradoxului Störmer . . . 182
Cap. XVIII Modelul unui ipotetic contact cu o civilizație extraterestră 193
Bibliografie 205

Redactor : FLOREA MIU
Tehnoredactor : MARILENA LUNGULESCU

Bun de tipar : 4.X.1983.
Coli de tipar : 13,25.
CRAIOVA, 1984

Întreprinderea poligrafică „Oltenia"
str. Mihai Viteazul, nr. 4, Craiova
Comanda nr. 203/1983

Dragoș - Silviu
T. Bora

Coperta : MARIUS GHERGU

TITUS FILIPAŞ

DE LA MITUL ASTRAL LA ASTROFIZICĂ

SCRISUL ROMÂNESC
Craiova, 1984

Capitolul I | MITURI ŞI CONSTELAŢII

Tabloul cerului înstelat, pe care-l putem vedea noi în cursul nopţilor senine, nu diferă probabil prea mult de imaginea contemplată de primii observatori mai sîrguincioşi ai stelelor, caldeenii, din vîrful ziguratelor de argilă arsă, precum şi de toţi cei ce le-au urmat în antichitatea clasică. Implicarea emoţională diferă, totuşi, cei vechi avînd, în locul structurilor ştiinţifice, o mitologie pe care o aşterneau peste configuraţiile alcătuite din astrele mai vii, în congruenţe bizare şi fortuite, însă totdeauna miraculoase şi naive : zei şi eroi, animale şi himere, un panteon vibrînd de poezie şi o zoologie fabuloasă îşi aflau, într-o efemeră năzuinţă spre veşnicie, refugiul în periodicitatea bănuită eternă a rotaţiilor siderale.

Dar numele antropomorfe şi zoomorfe ale constelaţiilor le putem privi la fel de bine şi ca rezultatul unui străvechi test de apercepţie tematică, propus de natură unui Homo Sapiens mereu tentat să se transforme în Homo Ludens.

Cu unele rare excepţii, constelaţiile nu reprezintă decît întîmplătoare grupări pe boltă ale proiecţiilor unor stele între care nu există nici o legătură mecanică. Şi pentru că Pămîntul se-nvîrte, la fel pare că face şi sfera cu proiecţii de stele, în jurul unui ax ce trece prin Steaua Polară, steaua navigatorilor, Tramontana, a cărei poziţie se poate găsi cu ajutorul constelaţiilor *Carul Mare* (respectiv *Ursa Mare*) şi *Carul Mic* (respectiv *Ursa Mică*) — poate cele mai bine cunoscute dintre asociaţiile convenţionale de astre (fig. 1).

Din cele mai vechi timpuri, Carul Mare a servit la orientarea în stepe şi pustiuri de nisip, ori pe mari întinderi de apă, a populaţiilor de păstori şi navigatori. Aceasta explică existenţa a circa o sută de denumiri diferite ale constelaţiei. Numărul de legende inspirate de această constelaţie este tot atît de mare, dar nu ne propunem aici prezentarea lor. Ste-

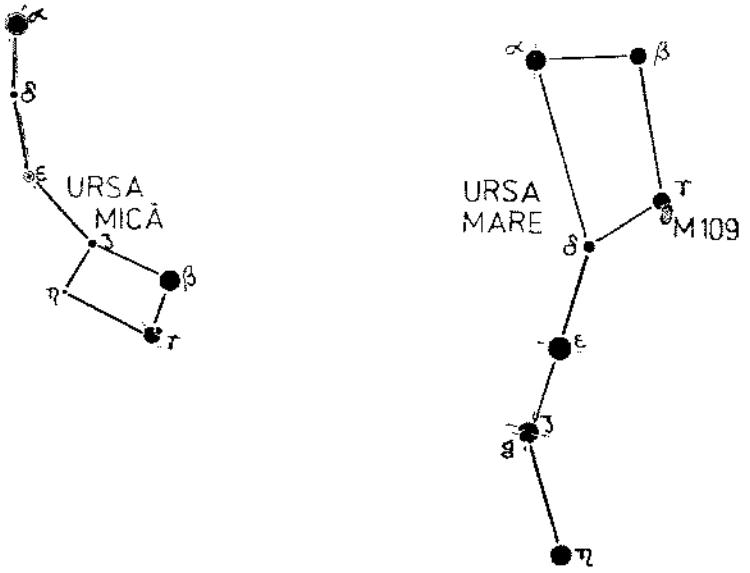


Fig. 1. Constelațiile *Carul Mare (Ursa Mare)* și *Carul Mic (Ursa Mică)* sînt, poate, cele mai cunoscute configurații de astre de pe bolta cerului nordic.

lele principale, notate cu literele alfabetului grec în ordinea descrescătoare a strălucirii, au și ele nume particulare, moștenite în general de la astronomii arabi medievali : Alfa (α) *Ursa Mare* este Dubhé, Beta (β) se mai cheamă și *Merak*, Epsilon (ε) *Ursa Mare* este cunoscută și ca ***Alioth***, iar Zeta (ζ) poartă numele de *Mizar*. Aria de pe boltă, delimitată de aștrii *Ursei Mari*, este locul unde pot fi observate multe nebuloase, chiar cu ajutorul unui simplu binoclu : cele mai cunoscute sînt M 81, o galaxie spirală, și M 97, Sova, nebuloasă planetară inelară, avînd o stea în centru.

În partea de sud a *Carului Mare* se-nșiră trei constelații reunite printr-o legendă comună : *Boarul* (Bootes), *Câinii de vînătoare* (Canes Venatici) și *Fecioara* (Virgo). Mitul a apărut probabil la epoca în care unele popoare de păstori din Balcani și Orientul apropiat au trecut la cultivarea viței de vie. *Boarul* nu ar fi nimeni altul decît păstorul Icarios, unul dintre eroii fără număr ai mitologiei greco-latine, al cărui suflet mare și generos fusese cunoscut de mulți semeni pămînteni, ba chiar și de zei. Sosit în chip de drumeț neștiut și mulțumit de primirea ce i se făcuse, zeul vinului, Dionisos, îi dăruiește lăstarii elastici ai viței de vie (Vitis Vinifera), inițiindu-l în taina unei nobile arte, cea a vinificației, a preparării vinului. În treacăt fie spus, să mai remarcăm faptul că aria de răspîndire a mitologiei greco-latine coincide, mai mult sau puțin riguros, cu frontierele regiunii în care viticultura era practicată în antichitate. Astfel, continuă legenda, Icarios ar fi devenit primul om care a sădit vița de vie și i-a ținut tăria sîngelui roșu al boabelor în cramă de piatră. Ospitalitatea lui înnăscută s-a extins, firește, și la vechii lui prieteni, păstorii, legați pe mai departe de îndeletnicirea străbună. Însă aceștia, prinși în plasa unei nemaiștiute stări de amețeală, au crezut că au fost ademeniți și otrăviți de Icarios cu necunoscuta licoare cu gust înșelător și ciudat, iar în răbufnirea de violență, stîrnită de falsul adevăr inspirat de vin, l-au ucis. Este cumva mitul acesta reflexul îndepărtat al unui conflict primitiv între popoarele nomade și cele de agricultori sedentari, înfruntare consecutivă primei mari diviziuni sociale a muncii ? Dar, să urmărim secvențele legendei. Mai apoi, Erigona, neprihănita fiică a lui Icarios, l-a căutat multă vreme, cu sufletul sfîșiat, însoțită de o trupă de cîini credincioși (acei Canes Venatici) ; la găsirea trupului părintelui ei mort, în durerea fără margini a clipei, și-a pus capăt zilelor. Zeul a fost tulburat de gîndul răului destin pe care darul îl adusese protejatului său. De aceea Dionisos, ca dovadă a profundei lui compasiuni pentru soarta întîiului său prozelit printre oameni, l-a rostuit pe cer, împreună cu cei apropiați lui, *Fecioara* și *Cîinii de vînătoare*.

Într-o altă legendă, ajunsă la noi din antichitatea adîncă, este reflectat din nou același moment important pentru umanitate, prima mare diviziune socială a muncii. *Boarul*, de astă dată pe nume Triptolemos, își părăsește obiceiurile de păstor la sfatul înțeleptei și statornicei zeițe Demeter ; ea îi dăruiește un plug de lemn și un sac de boabe de grîu, învățîndu-l noul și spornicul meșteșug al aratului și semănatului. După abundența primei recolte ce a crescut din brazda metamorfozată în sevă și rod, Triptolemos îi învață și pe ceilalți pămînteni lucrarea măiastră a solului, apoi se ridică pe bolta cerească, la coarnele unui plug tras de înaripate zmeie. Căci îi fusese sortit lui, muritor ce a trudit, cu sudoare și gînd de mai bine pentru toți, ogoarele Terrei, să fie tranfigurat în „Cel dintîi care să are și să semene pe cîmpiile stelelor". Acesta este unul dintre cele mai fascinante mituri lăsate nouă de tradiția antichității

Dragoș - Silviu
T. Bora

mediteraneene, legendă premergătoare anticipațiilor celor mai îndrăznețe ale omului contemporan, visul de a coloniza, în sensul cel bun, și de a face să rodească spațiile extraterestre.

În sfîrșit, într-un eres la fel de poetic, dar probabil mai vechi decît primele două, *Boarul* este un bătrîn păstor ce păzește șapte boi (septem triones), șapte vite de muncă, simbolizate de cele șapte stele strălucitoare ale constelației Carul Mare (fig. 1); de unde și altă denumire a acesteia, Septem Triones, ce avea să dea un adjectiv pentru o întreagă emisferă : septentrională.

Steaua cea mai strălucitoare din *Boarul*, Arcturus sau Alfa Bootes, este o magnifică stea roșie, de nouăzeci de ori mai luminoasă decît Soarele, aflată la distanța de 35 de ani-lumină de sistemul nostru planetar.

În apropierea Stelei Polare se găsește o constelație de aștri cu strălucire modestă, *Cefeu*. Se bănuiește că numele acesta îl amintește pe faimosul faraon egiptean Kufu, Kefeu sau Keops, cum îl vor fi pronunțat călătorii din Elada, ce luau contact cu universul culturii egiptene, faraonul care a ordonat construirea celei mai mari dintre piramidele de la Ghizeh. Măreția piramidalului edificiu părea să ascundă în ea ceva suprauman, așa că nu trebuie să ne mirăm aflînd că vechii greci îl orînduiau și pe Keops în ilustra și numeroasa descendență a lui Zeus, părintele său mitologic, stabilindu-i locul nemuririi în lumea astrelor, după ce-și va fi trăit lunga viață în mănoasa vale a Nilului. În acord cu o altă legendă, Cefeu ar fi fost feciorul unui mic rege din antica țară a fericirii pastorale, Arcadia. În tinerețea sa deosebit de vînturată, Cefeu ar fi participat la uciderea celebrului dragon caledonian (figurat și el printr-o constelație ce-și scurge linia sinuoasă printre cele două Urse), și, de asemenea, alături de echipajul argonauților la căutarea lînii de aur. Mai departe, constatăm o salutară convergență între subiectele celor două legende : Cefeu devine regele Etiopiei (de ce nu al Egiptului ?) și se căsătorește cu o femeie de o frumusețe rară, Cassiopeia. Fiica lor, Andromeda, va cunoaște și ea o perenitate astrală. Această constelație a cerului nordic este foarte populară printre scriitorii de literatură științifico-fantastică și printre astronomi, deoarece în spațiul unghiular pe care îl circumscrie se poate observa, chiar și cu ochiul liber, o galaxie spirală, extrem de asemănătoare cu a noastră, celebra „nebuloasă din Andromeda" sau M 31 (fig. 2). Cele trei astre mai strălucitoare ale

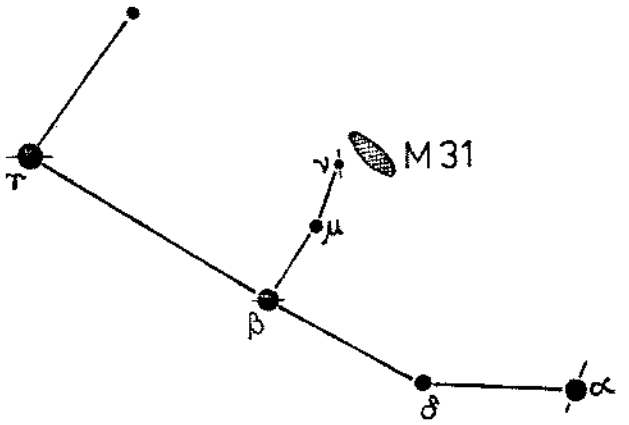


Fig. 2. Constelația *Andromeda* și poziția *nebuloasei din Andromeda* (M 31).

constelației — Alfa, Beta și Gamma — aflate la distanțe cuprinse între optzeci și o sută patruzeci de ani-lumină de Pămînt, au păstrat din nomenclatura astronomică arabă denumirile Alferas, Mirach și, respectiv, Alamak.

Mitul Andromedei este unit cu cel al lui Perseu (un alt fiu nelegitim al mărețului Zeus); Perseu fusese trimis de micul, dar perfidul bazileu Polydectos, cu însărcinarea de a tăia și aduce capul cu ochii petrifianți ai Meduzei, cea mai îngrozitoare dintre gorgone. Era de fapt un diabolic plan menit să-l piardă pe erou, cu a cărui încă frumoasă mamă tiranul rîvnea să se căsătorească, împotriva vrerii ei. Ajutat de sandalele zburătoare ale lui Hermes, de un coif ce-l făcea nevăzut, precum și de scutul lucios ca oglinda al zeiței Atena, el înregistrează un succes într-o acțiune în care ar fi pierit oricare altul (dar, să nu uităm al cui fiu era !). La întoarcere, zburînd pe înaripatul armăsar Pegas, născut din sîngele Meduzei, Perseu observă la timp pregătirea unei abominabile crime : Andromeda, legată cu lanțuri grele de o stîncă la țărmul etiopian, fusese lăsată pradă unui înfricoșător monstru marin, trimis de zeul oceanului, Poseidon. Pedeapsa zeiască era, de fapt, urmarea unei bîrfe destul de josnice a nereidelor, ce pretindeau că ar fi auzit-o pe infatuata Cassiopeia exprimîndu-și opinia că atît ea, cît și fiica ei Andromeda, erau mai frumoase decît

zeița Hera. Perseu ucide monstrul, perpetuat în nomenclatura astronomică prin constelația Cetus (Balena), o dezleagă din lanțuri pe frumoasa Andromeda și se căsătorește cu ea, fiecare primind cîte un domeniu de cer înstelat în vechile mituri elene. Chiar și capul Meduzei este figurat prin steaua variabilă Beta Perseu, supranumită Algol (Ochiul Dracului), care trece de la un maximum de strălucire la un minimum de strălucire și înapoi în aproximativ trei zile. Calul înaripat Pegas își are și el „colțul" său de firmament.

Să mai observăm că Perseu se găsește într-o regiune a cerului spuzită de stele „mărunte", de fapt extrem de îndepărtate, regiune cunoscută sub numele de *Drumul Robilor* sau de *Calea Laptelui*. Ultima denumire este iarăși produsul fantastic al mitologiei grecești. Se spune că Zeus, vrînd să asigure imortalitatea fiului său bastard (al cîtelea ?), Hefaistos, viitoare divinitate a focului subpămîntean al vulcanilor și protector al meșterilor fauri, a recurs la un vicleșug. A adus copilul la pieptul Herei, zeiasca sa soață, în vreme ce aceasta dormea. Însă Hera s-a trezit după ce micul zeu începuse să sugă și l-a respins violent ; un jet din laptele nemuririi a țîșnit din sînul zeiței, trasînd o dîră albicioasă pe bolta cerească. Aceasta este Calea Laptelui sau Galaxia Kiklos în limba greacă.

Dar să revenim, într-un fel de recurență astronomică, la Steaua Polară. În urmă cu 4700 de ani, în locul Stelei Polare (de altminteri ea nu se suprapune exact nici acum peste poziția polului nord ceresc) se găsea o strălucitoare stea din constelația *Dragonul*, Tuban. Există un mare număr de legende „lămuritoare" pentru circumstanțele în care Dragonul a ajuns pe cer ; una dintre ele am prezentat-o într-un pasaj anterior. Romanii mai numeau constelația și Esculap, în cinstea vestitului medic ce avea ca emblemă un șarpe.

Constelația *Vizitiul* (Auriga) pare să fie într-o apropiere, fericită pentru memorie, cu mișcătorul Car Mare. Pe unele dintre vechile hărți ale cerului era trecută sub denumirea Erihtonios, fiul lui Hefaistos și al zeiței Geea. Copilul se născuse cu o coadă de șarpe în locul picioarelor. Un caz mitologic de teratogenie ? Să remarcăm că sursa de căldură a vulcanilor, peste care era stăpîn mitologic tatăl său, este energia nucleară a reacției de fisiune a uraniului, procesul fiind însoțit de radiații ionizante, cauză de aberații genetice ; putem vedea aici încă o pildă de intuiție științifică a lumii antice ? Erihtonios

era însă predestinat să devină rege al cetății Atena. De aceea mama lui, Geea, l-a dat spre educare zeiței Pallas-Atena, patroana orașului, care l-a crescut într-o atmosferă de înțelepciune, pînă cînd i-a venit și lui vremea să coboare printre muritori, pentru a le deprinde obiceiurile. Iar ca să nu-și tulbure supușii cu înfățișarea sa neobișnuită, Erihtonios, căruia fără îndoială că nu-i lipsea inteligența, a inventat primul vehicul pe roți, tras de cai, o noutate tehnică absolută pentru acel timp! Aparițiile lui în fața mulțimii erau realmente maiestuoase, poporul său înclinîndu-se aproape fără voie în fața bustului bazileului înălțat falnic deasupra carului în cursă rapidă. Chiar și Zeus ar fi rămas uimit de invenție și i-a acordat Vizitiului un loc pe atlasul de stele. Astrul său cel mai luminos este Capella, de o sută patruzeci de ori mai luminos decît Soarele, fiind situat la 45 de ani-lumină de Pămînt.

Pînă în secolele XVI—XVII, la intrarea în epoca marilor descoperiri geografice, erau cunoscute aproape cincizeci de constelații. Completarea petelor albe de pe hărțile terestre, cartografiate de lumea antică și medievală, a fost acompaniată de o cartografiere similară a cerului. Atunci au fost catalogate constelații noi, ce au primit denumiri în acord cu noua eră, mult mai propice științei decît cele precedente : *Sextantul, Microscopul, Telescopul, Orologiul, Mașina Pneumatică ;* sau nume care reflectă noile descoperiri din fauna și flora terestră : *Pasărea Paradisului, Tucana, Dorado.*

Dar să nu uităm că în antichitate au apărut și poveștile despre cei dintîi călători printre aștri. Drumul unuia dintre ei, *Faeton*, avea să-și treacă firul printre cele douăsprezece constelații ale crugului zodiacal străbătut de Helios — Soarele, tatăl său, într-un an de zile (fig. 3).

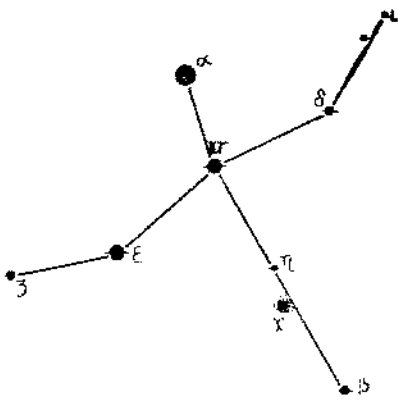
Înainte de a-i îngădui să pornească la drum, Helios l-a avertizat asupra nenumăratelor primejdii care-l pîndesc în cale : coarnele ascuțite ale sălbaticului *Taur*, cleștii necruțători ai *Racului* (Cancerului), colții fiorosului *Leu*, sau acul înveninat al *Scorpionului*. Dacă-și va începe drumul primăvara, de la semnul Gamma al *Berbecului* , plantat la intretăierea dintre ecuatorul ceresc și ecliptică, atunci cînd ziua și noaptea cîntăresc totuna, va da peste *Taur ;* apoi o pereche de tineri eroi, *Gemenii*, îi vor păzi mersul cu bună grijă. Mai departe pericolele se îndesesc, căci va trece ca pe o muchie tăioasă pe lîngă *Rac* și *Leu*. După momentele de încîntare și echilibru, prilejuite de trecerea prin apropierea constelațiilor

Fig. 3. Semnele celor douăsprezece constelații ale zodiacului.

Fecioara și *Balanța*, îl pindește *Scorpionul*, dincolo de care veghează *Săgetătorul*. Și, în sfîrșit, *Licornul*, *Vărsătorul* și *Peștii* încheie marele ciclu al zodiacului, așa cum era el cu peste două milenii în urmă, pentru că între timp lucrurile s-au schimbat, cel puțin în ceea ce privește începutul drumului, punctul vernal Gamma al echinocțiului de primăvară, care nu mai este în constelația Berbecului, ci în Pești.

Din păcate, astronautul mitologic Faeton nu a avut o pregătire psihică adecvată : s-a speriat de uriașul Scorpion, ce amenința cu harponul veninos al cozii. Căderea sa din tării a

fost tragică, eroul rostogolindu-se în jos și înecîndu-se în undele miticului fluviu Eridan. Heliadele, fiicele Soarelui și surorile lui, l-au plîns, pînă ce lacrimile li s-au preschimbat în boabe de chihlimbar ce s-au amestecat cu nisipul din cuarț de aștri al fluviului ceresc. *Cygnus* (Lebăda), adevăratul prieten al lui Faeton, s-a aruncat în apele de ambră și safir, spre a-i regăsi corpul. Dar efortul căutării a fost zadarnic. Stăruința sa i-a impresionat însă pe zeii Olimpului. Aceștia l-au preschimbat într-o mirabilă constelație a cerului nordic, poate cea mai frumoasă (fig. 4). În vremea toamnei septentrionale, după ce Soarele abia s-a ascuns sub orizontul vestic, la zenit se vede planînd uriașa Lebădă. Steaua cea mai strălucitoare, Deneb (Alfa Lebăda), este o gigantă albastră, aflată la 900 de ani-lumină distanță și de 25 000 de ori mai luminoasă decît Soarele.



CONSTELAȚIA LEBĂDA

Fig. 4 Conturul ceresc septentrional al unei lebede cu aripile larg deschise.

Meandrele „apei" Eridan șerpuiesc pe o lungă distanță unghiulară : avîndu-și începutul în dreptul luminoasei stele Ahernar, ele ajung pînă la linia circulară a ecuatorului ceresc, învecinîndu-se cu o adevărată comoară de stele strălucitoare (Rigel, Betelgeuze, Bellatrix). Este constelația *Orion* (fig. 6). Evocînd un vînător antic celebru, regele Nimrod, tabloul cinegetic se completează cu asocierea unor fideli companioni ai vînătorului, *Ciinele Mare*, constelație unde se află cea mai strălucitoare stea de pe cer, Sirius, și *Cîinele Mic*, al cărui astru de prima mărime este Procyon.

Semnificația pe care o mai păstrează constelațiile zodiacului pentru noi se reduce la faptul că ele delimitează zona de pe bolta cerească unde se pot afla Soarele, Luna și planetele. Deoarece axa rotației diurne nu este perpendiculară pe planul orbitei Pămîntului, ci formează cu ea un unghi de 66,5°, drumul aparent al Soarelui pe boltă nu se va face pe ecuatorul

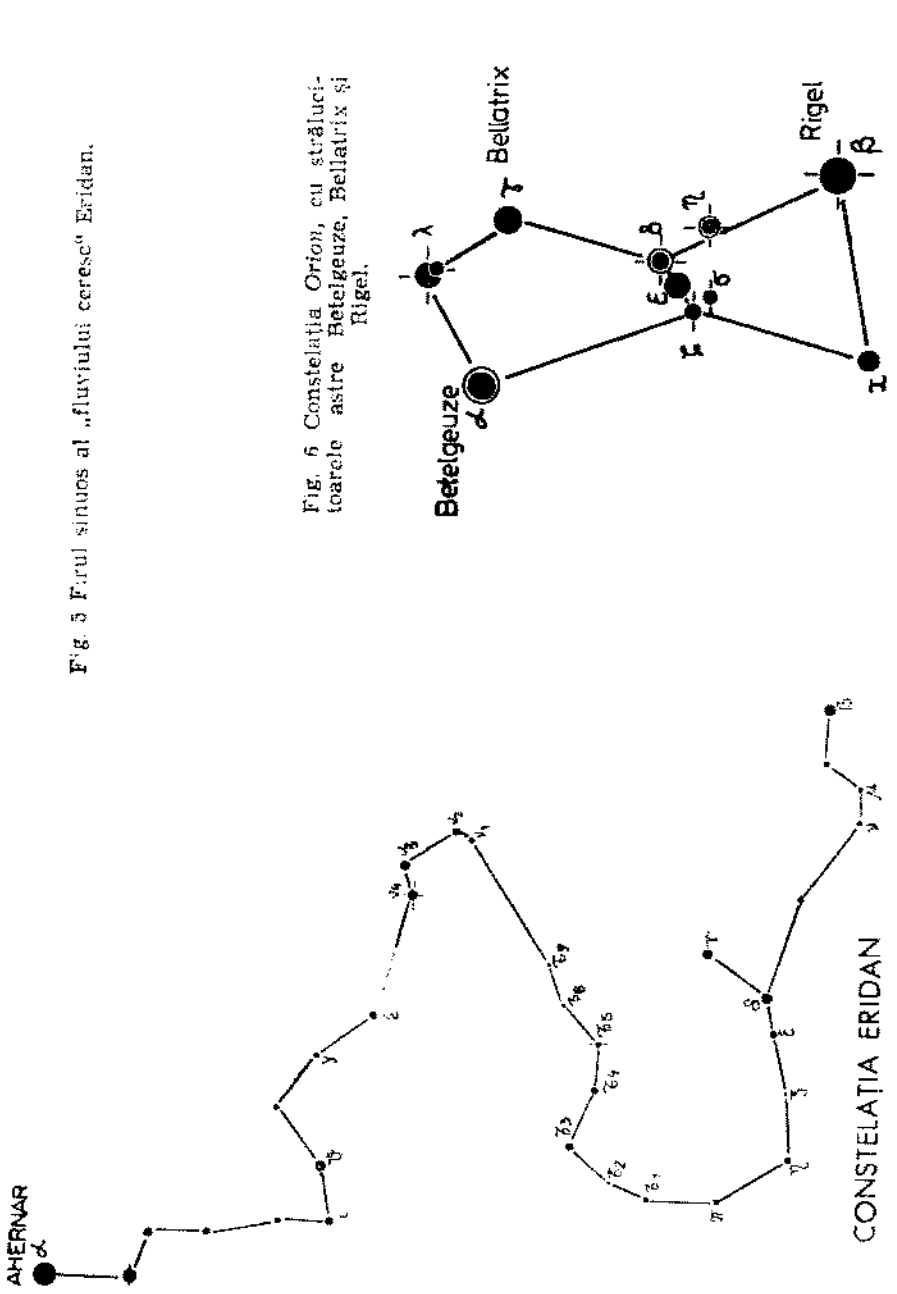


Fig. 5 Firul sinuos al „fluviului ceresc" Eridan.

Fig. 6 Constelația *Orion*, cu strălucitoarele astre Betelgeuze, Bellatrix și Rigel.

ceresc, ci pe ecliptică — linia trasată mai mult sau mai puțin exact de cele douăsprezece constelații deja enumerate ale zodiacului. În cursa lui anuală, Soarele zăbovește pe întinderea fiecărei constelații zodiacale ceva mai puțin de o lună ; de asemenea, mai este intersectată zona ocupată de constelația *Ophiucus*, dar aceasta nu a fost inclusă, totuși, în cercul zodiacal (pentru a se evita fatidicul 13 ?).

Nu numai Soarele, dar și planetele sistemului solar călătoresc pe pista circulară a zodiacului. În vechime erau cunoscute numai cinci dintre ele : Mercur, Venus, Marte, Jupiter și Saturn. Acestea sînt traducerile în limba latină ale numelor divinităților din panteonul grec, acordate planetelor la începutul perioadei elenistice, după contactul cu astronomia și astrologia babiloniană, consecutiv cuceririlor lui Alexandru Macedon. În epoca și mai veche, planetele încă mai aveau denumiri profane, cu o singură excepție (Ișstar). Numele babiloniene de divinități precum Nabu, Ișstar, Nergal, Marduk și Ninurta, pentru Mercur, Venus, Marte, Jupiter și, respectiv, Saturn, au fost date în secolele VII ori VI î.e.n. și faptul trebuie pus în legătură cu dezvoltarea astronomiei matematice și cu apariția regulilor de astrologie, debriuri ale procesului principal de cunoaștere astronomică. Divinația căpăta astfel forme pseudoștiințifice, funcția magică a zeităților fiind păstrată în transferul semantic. Corelarea faptelor și destinelor umane individuale cu mersul astrelor, în speță cu pozițiile planetelor în diverse puncte din brîul zodiacului, nu este decît o absurditate pretențioasă. Acest uz al astrologiei, extins pe milenii de ignoranță, păruse că va fi oprit de materialul faptic și logic, strîns de științele pozitive în ultimele trei, patru sute de ani. Paradoxal, însă, în epoca zborurilor cosmice și a computerelor se constată, într-un anumit tip de societate, proliferarea acestor subproduse ale culturii, al căror conținut mistic nu mai are nici măcar aura de neliniște metafizică, implicată pînă la un punct în superstițiile antice și medievale. Companii specializate în producția de material de calcul electronic au ajuns chiar să pună pe piață pacuri cu programe de astrologie pe cartele magnetice, destinate calculatoarelor de buzunar programabile !

Transportul oamenilor pe Pămînt continuă, însă, să se facă sub „semnul astrelor" și, la fel ca în trecut, cere cunoașterea meșteșugului navigației, unde orientarea după stele continuă

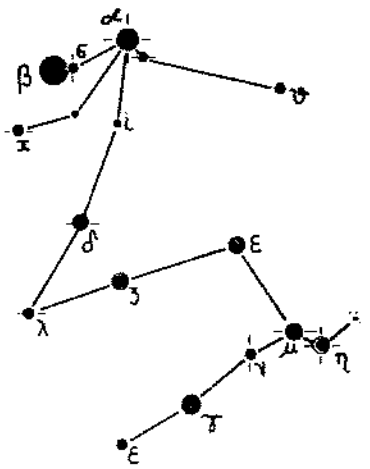
să joace un rol major. Practic, nici o navă maritimă și nici un avion de linie aeriană nu pornește în cursă fără navigator, al cărui rol este de a stabili în permanență poziția pe itinerar, folosindu-se de Soare și de stele. După cum au demonstrat-o navele Apollo, stelele sînt necesare astronauților pentru navigația autonomă în spațiul cosmic. Succesul orientării este asigurat în primul rînd de cunoașterea stelelor utilizate ca repere în sistemele de navigație. În astronautică procesul se complică cu atît mai mult, cu cît cîmpul vizual pe care-l asigură hublourile vehiculului spațial este relativ îngust, sub 90° deschidere unghiulară. Evitarea încurcăturilor cere cunoștințe deosebit de prompte și de exacte în ceea ce privește recunoașterea constelațiilor.

Învățarea configurațiilor, în care intră diversele stele necesare navigației, este ușurată de născocirea unor reguli mnemonice bune. O regulă poate fi o expresie criptică, purtînd două semnificații — una superficială, iar alta cu un conținut mai profund. Deși psihologii au constatat că o regulă mnemonică este cu atît mai eficientă, cu cît conținutul celor două fețe este mai divergent, s-a văzut că vechile texte în care figurile se „explică" prin tablouri mitologice, așa cum făceau de pildă atlasele medievale de stele, nu sînt totodată și reguli mnemonice operaționale. S-au făcut încercări de a „restructura" constelațiile, astfel încît desenul rezultat prin reunirea diverșilor aștri cu segmente de linie dreaptă, să fie cît mai în concordanță cu denumirea. Iată, de exemplu, cum arată Gemenii în vechiul aranjament (fig. 7 a), cît și în noua viziune (fig. 7 b) ; aceeași schimbare pentru Pegas (fig. 8 a și 8 b).

În actualul proces de instruire a navigatorilor și astronauților se folosesc, drept suporturi pentru memorie, figuri geometrice simple, segmente de dreaptă, triunghiuri, patrulatere. Cerul înstelat este liniat cu astfel de geometrii simple. Să le amintim pe cele mai remarcabile :

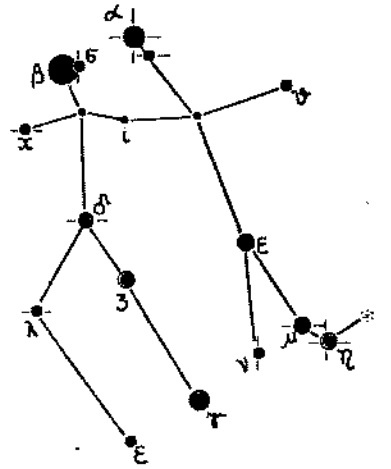
„Triunghiul de vară" septentrional, ale cărui vîrfuri sînt constituite din aștrii majori (ca strălucire aparentă) din trei constelații : Deneb din Lebăda, Vega din Lira și Altair din Vulturul (fig. 9) ;

„Triunghiul de iarnă", care poate fi zărit pe cerul nordic din decembrie și pînă în aprilie. El are aproape înfățișarea îngrijită a unui triunghi echilateral și este pichetat de stelele Procyon (din constelația *Cîinele Mic*), Betelgeuze (din *Orion*) și Sirius (din *Cîinele Mare)* (fig. 10).



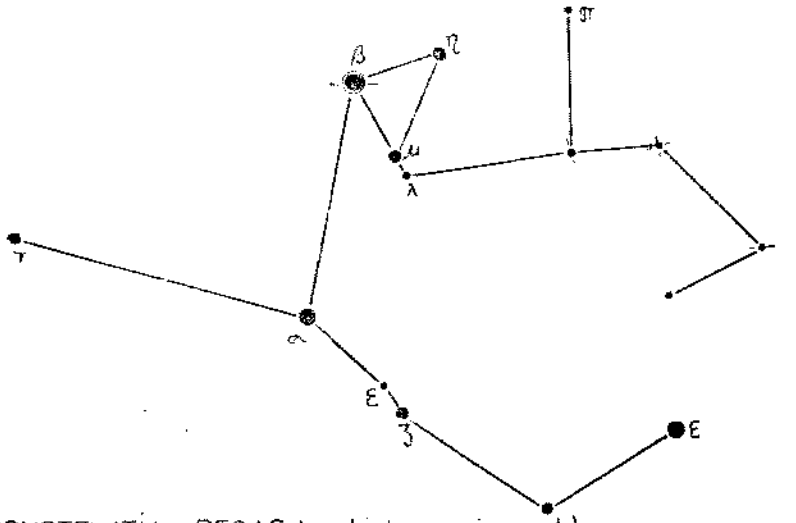
CONSTELAȚIA GEMENII (vechiul aranjament)

Fig. 7, a Această figură nu are forță de evocare pentru imaginea „gemenilor".



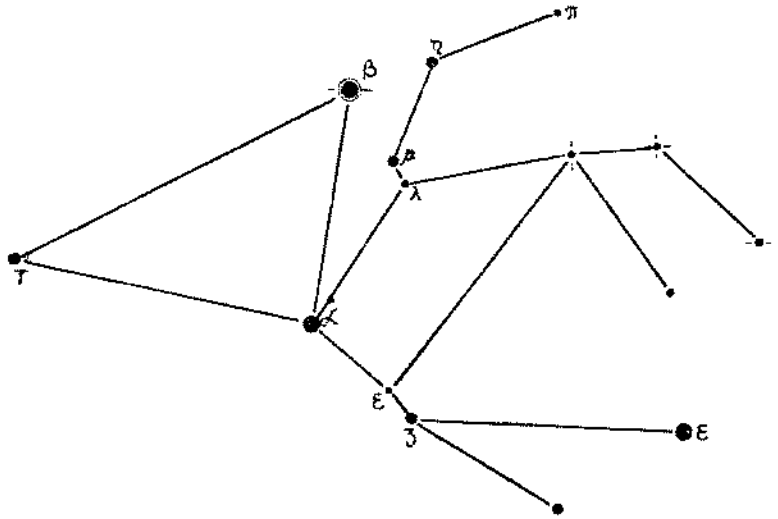
CONSTELAȚIA GEMENII (noul aranjament

Fig. 7, b Aceleași stele reunite al fel, și iată siluetele celor doi „g meni" cerești.



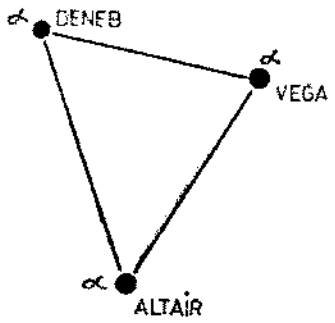
CONSTELAȚIA PEGAS (vechiul aranjament)

Fig. 8, a Această reuniune a stelelor nu evocă înaripatul cal Pegas.



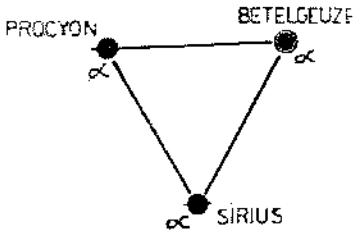
CONSTELAȚIA PEGAS (noul aranjament)

Fig. 8, b Figura „calului ceresc" Pegas a devenit vizibilă.



TRIUNGHIUL DE VARĂ

Fig. 9 Trei stele, Deneb, Vega și Altaîr, care se instituie într-un reper strălucitor pentru navigatorii oceanului și ai cerului.



TRIUNGHIUL DE IARNĂ

Fig. 10 Stelele Procyon, Betelgeuze și Sirius alcătuiesc un mare triunghi cu laturi aproape egale.

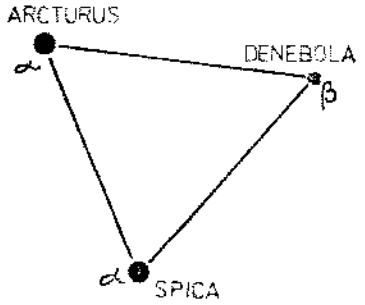
În direcția vîrfului său sudic, delimitat de Sirius, dincolo de linia orizontului pentru privitorii din emisfera septentrională, este ascunsă steaua Canopus, din constelația *Carena*; ca să revenim la mit, este vorba despre carena corăbiei zeului egiptean Osiris, iar numele Canopus ori Canobus îl evocă pe cîrmaciul vasului; în varianta greacă a legendei, Canopus este cîrmaciul navei lui Menelaus, care a căzut în mare pe vremea traversării spre Troia.

Alături de Soare, steaua Canopus face parte din principalele repere de orientare în navigația interplanetară. Deși este doar a doua stea ca strălucire aparentă, venind imediat după Sirius, Canopus a fost, totuși, preferată ca origine pentru măsurările unghiulare, întrucît Sirius este plasat aproape de cercul ecuatorial ceresc și face un unghi mic cu planul eclipticii, deci cu poziția Soarelui în anumite luni ale anului, fapt ce ar atrage mari erori de calcul. Într-adevăr, pentru ca eroarea relativă a poziției să fie mică, trebuie ca raportarea să se facă la o distanță angulară mare între astrii folosiți pentru reper. Pe de altă parte, poziția stelei Canopus pe cerul emisferei sudice este destul de apropiată de axa lumii și de aceea nu există nici un risc ca Pămîntul ori Soarele să intre în cîmpul vizual al astronautului în vremea efectuării observațiilor de orientare, excluzîndu-se în felul acesta eventualele erori optice, cauzate de fasciculele intense de lumină solară, ori de reflexele atmosferei terestre.

În fine, iată și „triunghiul de primăvară" (fig. 11), avînd ca vîrfuri punctele de referință Arcturus (din *Boarul*), Denebola (din *Leul*) și Spica (din *Fecioara*).

Pentru cerul austral, cea mai specifică dintre configurații este *Crucea Sudului*, alcătuită din patru stele strălucitoare (fig. 12). Caracterul său singular rezultă și din sentimentul intraductibil de unicitate, pe care îl inspiră contemplarea „Crucii Sudului" printre celelalte constelații ale emisferei australe. Trebuie să remarcăm, de asemenea, „frunza sagitiformă", schițată de pozițiile stelelor Fomalhaut din *Peștele Austral*, Ahernar din *Eridan*, Peacock din *Păunul* și Beta din *Cocorul* (fig. 13).

Învățarea pozițiilor relative ale constelațiilor și astrelor pe geometria sferică a cerului se poate face atît direct, prin compararea aspectului bolții cerești cu atlasul de stele, cît și în mod mijlocit, prin antrenamente în planetariu, unde este



TRIUNGHIUL DE PRIMĂVARĂ

Fig. 11 Stelele Arcturus, Denebola și Spica, deși aparțin unor constelații diferite, pichetează un mare semn triunghiular.

CONSTELAȚIA CRUCEA SUDULUI

Fig. 12 O figură magnifică pe bolta cerului austral.

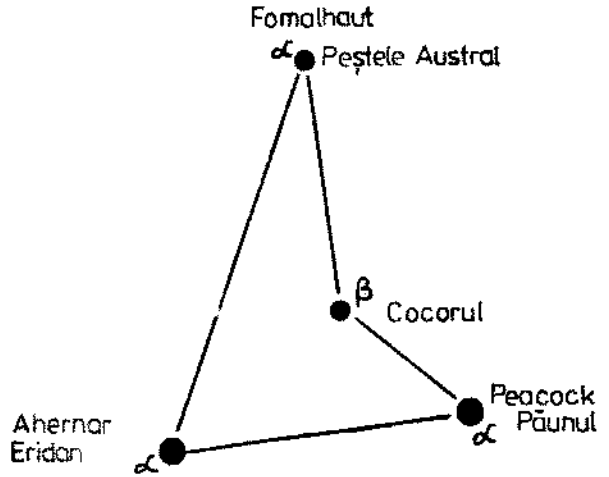


Fig. 13 Patru stele reunite în conturul unei frunze sagitiforme.

modelat un firmament artificial, ce oferă avantajul că vizibilitatea sa este independentă de condițiile meteorologice. Pozițiile stelelor principale sînt proiectate pe fața interioară a acoperișului sub formă de cupolă. Un astronom contemporan, Bengt Strömgren, definea seria de avantaje etalate de planetariu, spunînd despre el că „...este școală, teatru și cinematograf în același timp".

Omul privește stelele, omul trăiește sub stele.

Un gînditor celebru afirma că, dacă pe Pămînt s-ar găsi doar un singur punct de unde să se poată zări astrele, oamenii ar năzui să ajungă, odată și odată, în acel loc privilegiat. Mai mult decît curiozitatea proprie naturii umane, implicată în orice act de cunoaștere, forța de atracție exercitată de acel loc ar fi reprezentată de năzuința secretă a omului de a trăi printre stele.

Capitolul II | COSMOLOGIILE VECHI

Legenda antică, transmisă prin Herodot, spune că Zamolxes, marele înțelept zeificat al geților, și-ar fi făcut ucenicia filozofică pe lîngă Pitagora, pe la sfîrșitul secolului VI înaintea erei noastre. De fapt, legenda îl dă pe Zamolxes ca sclav, dar în același timp subliniază că, mare amator de înțelepciune, Pitagora ar fi peregrinat prin lume ca să o culeagă, înainte de a fonda școala filozofică de la Crotona, în sudul Italiei. Procurarea unui sclav era îndeobște orientată spre obținerea unui cîștig, dar, ca orice filozof, prețuind mai mult ca orice cîștigul în tăria gîndului, a urmărit probabil un folos abstract atunci cînd l-a obținut pe tracul Zamolxes. Putem să presupunem că acesta era posesorul unui bagaj de informație genuină, astronomică și de altă natură, culeasă poate în mijlocul grupului de preoți traci, care vor fi fost oficiind pe sacrul munte Kogaionon. Împărtășindu-o lui Pitagora, într-un act de reciprocitate, i s-a acordat dreptul moral de a se alătura, ca un egal, înțelepților lumii antice. Să încercăm să enumerăm cunoștințele astronomice ale școlii pitagoreicilor.

Știau, de pildă, că bolta cerească, împreună cu tot ce este „prins" de ea, se rotește ca un întreg și, în raport cu aceasta, Luna se mișcă de la apus la răsărit (așa-numitul sens direct), parcurgînd un ciclu de rotație într-o lună de zile. Tot în sens direct în raport cu bolta, dar mult mai lent, se mișcă Soarele. Drumul Soarelui printre stele se face pe un cerc mare al bolții cerești, numit de vechii greci „ecliptică" ; la ora actuală, prin ecliptică înțelegem mai curînd traiectoria reală a Pămîntului în jurul Soarelui.

Apoi, mișcîndu-se printre stelele ale căror poziții sînt fixe și care „clipesc", s-au mai observat niște astre cu lumină netremurătoare, puține la număr, doar cinci în total ; spre deosebire de rotațiile ușor inteligibile ale Soarelui ori Lunii, mișcarea acestora printre stele e departe de a fi tot așa de simplă : pe lîngă deplasarea de ansamblu în sensul direct, se mai adăugau și neașteptate bucle și zig-zaguri. Datorită mișcării lor capricioase, grecii le-au zis aștri rătăcitori, aștri vagabonzi, „planetos". Denumirile pitagoreice ale planetelor erau diferite de acelea pe care le folosim noi și care au fost introduse, pare-se, de Aristotel. Pitagoreicii îi spuneau planetei Mercur (cea mai apropiată de Soare), Stilbon, adică „Strălucitorul". Pentru Venus utilizau două nume : Fosforos la observația dinaintea zorilor (Lucifer, în latină) și Vesper, după apus, cînd Soarele dispare după linia orizontului. Cele două înfățișări ale astrului se explică ușor : Venus e o planetă situată la o distanță mai mică de Soare decît Pămîntul, orbita ei vine ca o salbă pe gîtul Soarelui și, deci, planeta e forțată să-l urmărească îndeaproape pe boltă. Tradiția spune că Pitagora ar fi înțeles că aparițiile de seară și de dimineață erau ale aceluiași astru. Izvorul antic nu precizează nimic despre Mercur, care trebuie să se comporte în același fel ; asta sugerează că ambiguitatea fusese probabil clarificată în epoca ce a premers lui Pitagora.

Filozofia și cosmologia pitagoreică, avînd valoarea unui simbol de obîrșie, sînt puse uneori pe blazonul acelei ramuri a gîndirii teoretice, unde se încearcă a se explica structura, dinamica și unitatea naturii pe baza aparatului matematic. Motivația provine de la circumstanța că Pitagora a făcut o altă marcantă descoperire abstractă : acordurile armonice din muzică, exprimate ca raporturi între numere întregi. În mod cert, asta a fost cea dintîi reușită a fizicii matematice, consemnată de istoria științifică a umanității. Impresia produsă la acea epocă a fost atît de profundă printre adepții doctrinei sale (care se voia ezoterică, după modelul sagacității de taină, păstrate de preoții Egiptului, dar care nu a rămas, din fericire, astfel), încît a fost extinsă la astronomie, într-o magnifică tentativă de explicare a organizării cosmice. Este vorba despre celebra concepție a etajării aștrilor vizibili într-un sistem de opt sfere concentrice cu Pămîntul, pe primele două găsindu-se Luna și Soarele, urmînd apoi cîte una pentru fiecare planetă vizibilă cu ochiul liber, în fine, pe cea de a opta aflîndu-se stelele, ca o timpurie presimțire a îndepărtării lor extreme.

Ne putem pune întrebarea : ce rol privilegiat juca sfera, în sistemul de valori al antichității elene ? Explicația cea mai des întîlnită este aceea că și bolta cerească ar avea o aparență sferică pentru omul care privește. Numai că faptul acesta nu

este adevărat. O cercetare mai atentă a formei bolții cerești ne dovedește că ea este turtită la zenit, din pricina particularităților fiziologice ale percepției vizuale ; din aceeași cauză, de pildă, ni se pare că Soarele se află la zenit în amiezile de vară, în timp ce înălțimea lui reală este mult mai mică. Anticii, care s-au dovedit în atîtea privințe subtili observatori ai fenomenelor cerești, trebuie să fi surprins și acest fapt. Este mult mai plauzibil că poziția favorizată a sferei se găsește în concepția lor evoluată despre simetrie și echilibru. „Cercul în plan și sfera în spațiu erau considerate de vechii greci ca figuri perfecte, datorită simetriei lor de rotație totale", remarca Herman Weyll. „Ființa perfectă are formă sferică", spusese în vechimea presocratică Xenofan, întemeietorul școlii eleaților. Pentru acele vremuri de sincretism al gîndirii științifice sfera fără îndoială că era mai mult decît un simplu glob, era o *sumă* și totodată un *summum* al simetriilor universului.

Sferele cosmologice, ale căror raze s-ar fi aflat unele față de altele în raporturi numerice simple, s-ar fi mișcat sub acțiunea unui impuls, pe care nici unul dintre filozofii acelei epoci nu a reușit să-l definească ori să-l explice. Mișcarea sferelor ar fi urmat să producă sunete, la fel ca și vibrațiile corzilor de liră. Era faimosa *muzică a sferelor*, care și-a pierdut între timp semnificația originară, transformîndu-se într-o metaforă.

Însă adevăratul maestru al cosmologiei sferelor trebuie considerat matematicianul și astronomul Eudoxos din Cnidos. Cei vechi credeau că lui îi aparține în fapt informația matematică dintr-a V-a carte a lui Euclid. Din extrem de puținele date care ne-au rămas despre viața lui, se poate totuși afirma că a fost primul astronom modern al lumii. Metodologia lui de lucru îl îndemna să se ocupe atît de aspectele teoretice, cît și de cele practice ale cercetării. Eudoxos a întemeiat mai multe observatoare astronomice în Asia, Egipt, probabil că și în Grecia peninsulară. După tradiție, el s-ar fi instruit mai întîi pe lîngă pitagoreici, care perpetuau, în forme închistate, învățătura marelui lor maestru. După ce a extras elementele autentic științifice și raționale din dogmele propagate de epigonii lui Pitagora, Eudoxos a venit la Atena, unde, la școala filozofică a lui Platon, celebra Academie, se practica o logică mai riguroasă, iar gîndirea matematică era la mare preț. Să mai spunem, pentru a-l fixa în timp, că Eudoxos era cu douăzeci de ani mai tînăr decît Platon și cam tot aceeași diferență, dar în

alt sens, îl despărțea de și mai tînărul Aristotel. Înțelepciunea căpătată la Academie se pare că nu l-a mulțumit prea mult, așa că a plecat în Egipt, repetînd, într-un fel, pelerinajul cultural al lui Thales ori Pitagora. Mai tîrziu, Eudoxos se dedică integral studiului astronomic, cu mijloacele instrumentale sărace ale timpului său. Pe plan teoretic, el vine să împace principiul pitagoreic al sfericității cerului cu multiplicitatea mișcărilor observate la corpurile cerești. El construiește modelul de cosmos ca pe un angrenaj de sfere concentrice, rotindu-se în jurul unor axe care treceau prin Pămînt (se știa că Pămîntul este rotund, iar multe din argumentele avansate mai tîrziu de către Aristotel în favoarea acestei idei s-ar putea să fie doar ecoul unor cugetări ale lui Eudoxos). În ceea ce privește rotația sferelor, este caracteristic pentru toată gîndirea antică, altminteri bogată în remarcabile intuiții științifice, faptul că era descrisă ca uniformă, cu viteză constantă, întrucît conceptul de accelerație le era străin. Uniformitatea mișcării fără îndoială că nu era ceva greșit în sine, dar adăugarea ipotezei suplimentare, despre existența unui motor primordial, *Primum Mobile* în latină, care o întreținea, era dovada peremptorie a unei fundamentale neînțelegeri a naturii mișcării mecanice. Eudoxos are, totuși, o idee mare, întîlnită mult mai tîrzu la Galilei, Huygens și Torricelli : descompunerea mișcării complexe într-un set de mișcări simple (cu deosebire că la el mișcările simple nu erau și elementare). Și ilustrează aceasta la mișcarea Lunii. Astronomul din Cnidos înțelesese că orbita Lunii e ușor înclinată pe ecliptică. În afară de asta, punctele de intersecție ale orbitei lunare cu planul eclipticii se deplasează cu o perioadă de 19 ani (așa-numitul an solaro-selenar). Eudoxos încearcă să explice această cinematică prin participarea Lunii la rotațiile uniforme și cu perioade diferite ale unui număr de cel puțin trei sfere, una de 24 de ore, alta de un an și încă una de 19 ani. În fine, era necesară și a patra sferă pentru ca, învîrtindu-se în jurul polilor orbitei lunare, cu perioada de o lună, să realizeze mișcarea observată a satelitului natural al Pămîntului. În același fel, mișcarea fiecărei planete era divizată în patru rotații simple, asociate, firește, unor sfere. Mișcarea aparentă a Soarelui cerea numai două sfere pentru a fi descrisă, iar a stelelor fixe numai una singură. În total, sistemul lui Eudoxos pretindea *27 de sfere mobile pentru a explica întreg universul*. Reluată și amplificată de Aristotel, această cosmologie primară ajungea să implice nu mai puțin

de *56 de sfere*. Deși are o serie de avantaje estetice, modelul cosmologic al sferelor este în dezacord flagrant cu un număr de observații concrete.

Întrucît fiecare dintre planete se mișcă numai împreună cu sferele al căror centru este Pămîntul, ele ar urma să fie mereu la distanțe constante de noi și, deci, strălucirea acestor astre nu ar avea voie să se modifice. Dar lucrurile nu stăteau în realitate chiar așa, lucru evident în primul rînd la cazul celei mai luminoase dintre planete, Venus. De aici s-a tras concluzia corectă că iluminarea planetei de către Soare este variabilă, că distanța dintre Soare și planeta respectivă e, de asemenea, schimbătoare, deci că Venus se mișcă neapărat în jurul Soarelui.

Observații de acest gen l-au condus pe Apollonios din Rodos să introducă un cerc suplimentar, *epiciclul*, pe care se mișcă planeta, în vreme ce orbita anuală, *cercul mare*, va fi descrisă de centrul epiciclului (fig. 14). Aceasta infirmă cre-

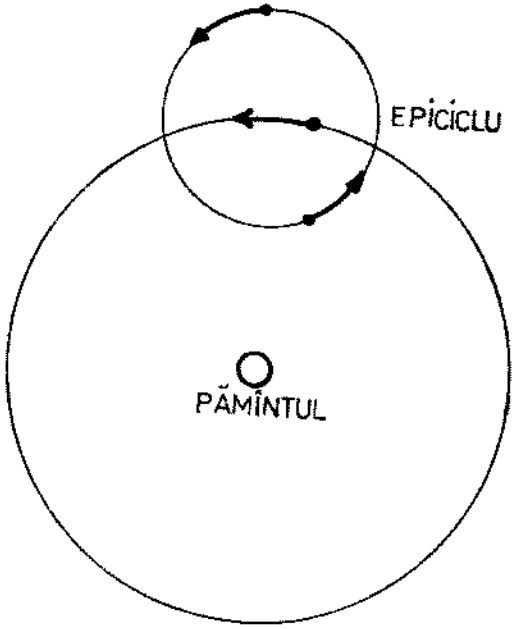


Fig. 14 Două mișcări circulare pentru „explicarea" mișcării unei planete.

dința că anticii nu erau capabili să-și modifice, cel puțin parțial, doctrinele, pentru a le pune într-un acord provizoriu cu unele rezultate ale observațiilor. Preluînd de la Apollonios ideea de epiciclu, astronomul Hipparc a găsit mijlocul de a lămuri, în cadrul acestui model, neuniformitatea mișcării Soarelui și Lunii. Astfel, cosmologia sferelor a fost detronată încă din antichitate de un model concurent, care descria ceva mai corect evoluțiile astrelor. Acest sistem, supranumit *geocentric*, îi este atribuit, uneori, în mod exclusiv lui Claudiu Ptolemeu, un astronom alexandrin care a trăit în secolul II. S-ar putea, însă, ca numai părțile rele ale sistemului să-i aparțină lui Ptolemeu. Căci Hipparc nu poate fi în nici un caz învinuit că a supralicitat modelul epiciclurilor ; meritul său, ca astronom, e mai ales cel de descoperitor al fenomenului de precesie a echinocțiilor, ceea ce are drept efect geometric ușor inteligibil peregrinarea polilor cerești într-un cerc întreg pe boltă într-un timp de 26 000 de ani ; în ceea ce privește observațiile de poziție asupra planetelor, determinările lui Hipparc se remarcă printr-o acuratețe excepțională pentru acea epocă ; în fine, catalogul lui de stele, cuprinzînd pozițiile unui număr de o mie de astre, avea să rămînă multă vreme în astronomie ca un exemplu de meticulozitate și observație pertinentă.

Claudiu Ptolemeu, omul al cărui nume se confundă cu sistemul geocentric, înălțat apoi de biserică la rangul de dogmă infailibilă, a fost considerat multă vreme drept cel mai mare astronom al antichității. Esența gîndirii sale, precum și opera (compilată sau nu) a fost expusă într-un mare tratat, *Megale Syntaxis* în greaca veche, *Megiste Syntaxis* la superlativ, dar cunoscut mai cu seamă prin pronunția arabizată a superlativului „cel mai mare", *Almagesta*. Doctrina din „Almagesta" conține modelul geocentric al lumii, în care Pămîntul, corp central al universului, este ocolit de toate astrele cunoscute pe acea vreme. Ar fi nedrept să-l atacăm de la bun început. De aceea să prezentăm mai întîi meritele acestui sistem, unde era explicată mișcarea planetelor, a Lunii și Soarelui, prin intermediul unei largi mulțimi de cercuri, avînd perioade și raze diferite. Dar, folosind o terminologie mai modernă, mișcarea pe un cerc conduce imediat la o mișcare armonică, descrisă prin intermediul funcției sinus ori cosinus și avînd aceeași perioadă ca și mișcarea pe cerc. Dacă se descrie mișcarea unei planete cu ajutorul cîtorva cercuri, cicluri și epicicluri,

poziția planetei se exprimă, traducînd în termeni moderni, ca o sumă de funcții trigonometrice cu cîțiva termeni, puțini la număr. Însă la ora actuală pozițiile planetelor pe bolta cerească sînt prezise sub forma unor polinoame de funcții trigonometrice care conțin sute de termeni. Înțelegem acum că teoria epiciclurilor este doar un alt limbaj de a exprima astfel de polinoame, evident cu mult mai sărace decît primele, conținînd numai termenii cu ordinul de mărime cel mai important.

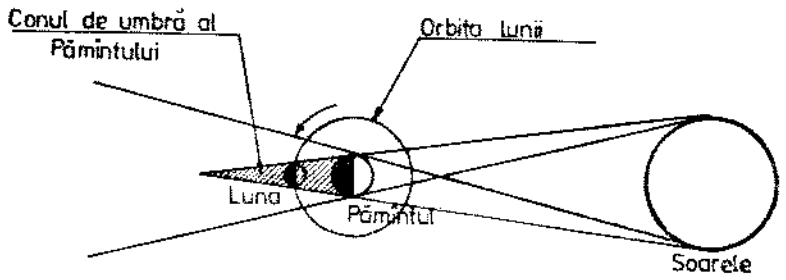
Din punct de vedere practic, rezultatele ar fi fost satisfăcătoare în mare măsură, dacă s-ar fi sprijinit pe date de observație corecte. În realitate, fie dintr-o involuntară lipsă de acuratețe, fie din rea credință, în modelul ptolemaic apar și termeni incorecți, cu amplitudini și perioade false. O recentă analiză pe computer a acestor date arată că erorile ptolemaice nu au o distribuție normală, sub forma clopotului lui Gauss, așa cum ar fi trebuit să fie. Circumstanța aceasta, deși pur statistică, abate o puternică suspiciune în legătură cu intenționalitatea acestor greșeli și se aud chiar opinii cum că *Almagesta* ar reprezenta cea mai mare fraudă științifică din istoria umanității! Presupusele observații ale lui Ptolemeu asupra solstițiilor sînt, de pildă, grevate de erori întrecînd 24 de ore, de zece ori mai mari decît cele ale lui Hipparc! Și încă un fapt la fel de tulburător: Ptolemeu pretinde că îmbunătățise catalogul de stele al predecesorului său, dar în realitate se constată că pur și simplu coordonatele au fost supuse unei deplasări sistematice cu o cantitate constantă.

Este plauzibil ca Ptolemeu să fi fost primul care a descoperit că teoria epiciclurilor nu era în acord cu observațiile astronomice repetate pe o durată mai lungă. Deoarece în faza finală a culturii grecești onestitatea intelectuală dispăruse, poate sub presiunea iraționalismului introdus prin profețiile și revelațiile creștinismului care cîștiga teren, Ptolemeu ar fi trecut la confecționarea deliberată a unor false date de observație, care să se potrivească, provizoriu, teoriei. Chiar dacă în momentul elaborării, sistemul reușise, prin astfel de trucuri, să se pună într-un acord temporar și formal cu măsurătorile cerești, pe parcursul deceniilor și secolelor erorile s-au acumulat făcînd ca predictabilitatea, pe care părea s-o dovedească inițial marea construcție speculativă a lui Ptolemeu, să devină iluzorie.

Este demn de interes faptul că, alături de aceste sisteme astronomice fictive, destinate prăbușirii pe termen mai lung

ori mai scurt, antichitatea greacă a dezvoltat și germenii raționali ai concepției heliocentrice. Afirmații răzlețe în favoarea unui Pămînt mobil fuseseră, bunăoară, avansate de unii gînditori din școala pitagoreică, dar stilul abscons al scrierilor lor firește că nu a contribuit la propagarea acestor idei.

Gîndul că Pămîntul se rotește zilnic în jurul axei proprii și anual în jurul Soarelui a fost exprimat pentru prima oară cu suficientă claritate de către Aristarc din Samos, aproximativ la începutul perioadei elenistice, care a urmat cuceririlor lui Alexandru Macedon. Punctul de plecare al raționamentelor sale au fost observațiile, făcute și de alții înaintea lui, asupra variațiilor de strălucire ale planetei Marte. În situațiile cînd planeta înregistra un minim ori un maxim de strălucire, ea era în locuri diferite pe crugul zodiacal. Faptul putea fi explicat în două feluri diferite. Sau că Marte se rotește în jurul Soarelui, și împreună cu acesta în jurul Pămîntului; ori prin circumstanța că Pămîntul, aflat între Soare și Marte, se mișcă circular în jurul Soarelui, la fel ca și Marte. Exista vreun criteriu pentru alegerea situației astronomice adevărate? Da. Într-adevăr, dacă prima explicație ar fi stat în picioare, atunci planeta Marte va putea fi observată numai în preajma apusului ori a răsăritului astrului zilei, adică tot așa cum se întîmplă cu Mercur ori cu Venus. Din aceste pricini Aristarc a putut să opteze pentru explicația corectă. El fusese ajutat în înțelegerea dispunerii astrelor și de faptul că reușise să-și facă o idee justă asupra ordinului de mărime al Soarelui în raport cu Luna și Pămîntul. Și de data aceasta el produce un raționament euristic ingenios. Observînd un număr destul de mare de eclipse de Lună, el a evaluat durata trecerii Lunii prin umbra Pămîntului, numai din cronometrări pe care astăzi le-am judeca rudimentare, făcute cu ajutorul clepsidrelor — ceasuri cu apă ori cu nisip. Este foarte probabil că pentru interpretarea acestor rezultate el și-a făcut un model al eclipselor cu ajutorul conului de umbră al Pămîntului (fig. 15). Din analiza duratelor de trecere prin con, el și-a dat seama că vîrful acestuia trebuie să se afle în afara segmentului de dreaptă ce unește centrele Lunii și Soarelui și întrucît faimosul con de umbră are vîrful pe partea Lunii, dacă prelungim mintal suprafața lui și în partea în care se află sursa de lumină, Soarele, se obține un fel de fișic în care globul pămîntesc se află mai aproape de vîrf, în partea cu sec-



SCHEMA ECLIPSEI DE LUNĂ

Fig. 15 Conul de umbră al Pămîntului.

țiunea mai mică, iar sfera solară în partea cu secțiunea mai mare. Din acest raționament decurge în mod automat că diametrul Terrei este mai mic decît al Soarelui. Și, cugetă Aristarc, este cu mult mai plauzibil ca Pămîntul, corpul mai mic, să se învîrtă în jurul Soarelui, corpul mai mare, decît invers.

Însă ideile acestea păruseră atît de stranii, încît filozoful a fost nevoit să fugă din Atena, alungat de bigoții ce-l acuzau că tulbură liniștea zeilor cu blasfemia cugetărilor sale, care schimbă mersul firii, ordinea tradițională din univers.

Cu cîteva secole mai tîrziu, Ptolemeu expunea în *Almagesta* dezvoltările teoretice ale lui Aristarc, fără să fie de acord cu ele. În primul rînd, argumenta Ptolemeu, dacă Pămîntul s-ar mișca într-adevăr, atunci stelele, care nu sînt la fel distanțate, ar trasa niște mici cercuri anuale pe boltă, cele mai apropiate pe fundalul creat de cele mai îndepărtate. În terminologia modernă, fenomenul se cheamă deplasare paralactică și nu reprezintă o mișcare reală. El mai poate fi explicat prin următoarea analogie, împrumutată dintr-o situație cinematică, întîlnită în mod curent : dacă ne deplasăm pe un drum drept, putem observa cum orice obiect mai apropiat se deplasează în raport cu linia orizontului îndepărtat.

Firește, Aristarc din Samos explicase și el, destul de bine, aparenta neconcordanță cu faptele, absența deplasărilor paralactice : acestea lipsesc, nu se observă, pentru că cercul orbitat de Pămînt este incomparabil mai mic decît raza „sferei stelelor fixe".

Din păcate, în ciuda intuițiilor sale corecte despre ordinele de mărime în cosmos, el nu a avut și geniul unei expuneri

matematice impecabile. Așa că precedenta afirmație a fost formulată de el într-un limbaj suficient de ambiguu pentru a-l agasa pe celebrul Arhimede din Siracuza într-atît, încît să dedice întregii chestiuni un pasaj din lucrarea sa despre numărătoare. Stîngăcia exprimării lui Aristarc se ascundea în compararea raportului dintre dimensiunea orbitei terestre și raza sferelor cu acela dintre dimensiunea centrului sferei și aria suprafeței sale ; Arhimede, premergător al modului de gîndire modern în matematică, a replicat că nu se poate compara un punct cu o suprafață, dar s-a limitat doar la atîta, fără să ia poziție în favoarea sau împotriva fondului problemei ridicate de Aristarc.

Deplasarea paralactică a stelelor, așa cum a presimțit corect Aristarc din Samos, este în realitate așa de insignifiantă, ca ordin de mărime unghiulară, încît nu a putut fi observată și măsurată decît în prima jumătate a secolului XIX, deci după mai bine de două milenii de la statuarea ei.

Ce a adus în cosmologie epoca următoare antichității clasice, adică Evul Mediu ? Nimic nou, nici o idee mare, nimic important. Monahii învățați s-au mărginit cel mult la preluarea vechii cosmologii a sferelor, în cea mai simplistă variantă, cu cele șapte sfere pentru astrele cu strălucire nefluctuantă (Luna, Soarele și cele cinci planete cunoscute pe atunci) precum și a opta sferă, „de cristal", „inalterabilă", pentru stelele fixe. Deși uriașe, dimensiunile acestei sfere rămîneau, totuși, finite. Ce se găsea dincolo de cea de a opta sferă ? Eter, răspundeau filozofii scolastici, educați la tradiția școlii lui Aristotel. Însă teologii erau de cu totul altă părere.

Întrucît toate încercările lor de a plasa pe cartografia terestră Edenul fuseseră infirmate de navigatori cu descoperirile lor geografice, singurul loc rămas disponibil era dincolo de sfera a opta, în proverbialul „al nouălea cer".

Capitolul III
MĂSURA TIMPULUI ASTRONOMIC ȘI MIȘCĂRILE PĂMÎNTULUI

Filozofii care încearcă să acrediteze ideea că astronomia a fost în vechime știință abstractă, lipsită de orice aplicații practice, uită că astronomia a fost mai întîi calendar. Iar calendarul a fost și continuă să rămînă un îndreptar de preț al muncilor omului.

Să plecăm de la premisa atît de evidentă, încît este aproape un truism, că agricultura pretinde o perfectă cunoaștere a ritmului climatic, a sezoanelor de căldură și ploaie, de uscăciune și frig. Civilizațiile antice au dezvoltat, concomitent cu state sclavagiste prospere, și calendare caracterizate de un grad de exactitate mai mic sau mai mare. Acolo unde regimul climatic dovedea o mare stabilitate, cunoștințele abstracte despre succesiunea lunilor și anotimpurilor puteau fi mai puțin precise, fără ca din asta să rezulte nemijlocit repercusiuni fatale asupra împlinirii ciclului agricol în care erau strînse mijloacele de subzistență esențiale pentru perpetuarea civilizației. O asemenea stabilitate era, de pildă, o fericită trăsătură a văii Nilului, unde recoltele depindeau numai de revărsările mănoase ale marelui fluviu, un eveniment hidrologic aproape tot atît de cert ca și răsăritul ori apusul soarelui. Reversul, adică instabilitatea, a acționat asupra unei culturi, altminteri la fel de prospere — *civilizația amerindiană* a maiașilor, făuritoarea unei stranii spiritualități și a unei impresionante arhitecturi la epoca în care Imperiul Roman de Apus se prăbușea în Europa. Totuși, fragilitatea sistemului de subzistență derivînd din caracterul agriculturii, din dependența acesteia de evenimente climatice mai puțin sigure decît revărsările unui fluviu, a determinat inventarea unui calendar superior celui egiptean. Pentru că întregul succes al recoltei era condiționat de oportunitatea momentului inițial, de săptămîna sau chiar de ziua în care erau introduse în sol boabele de porumb, zi care coincidea

cu începutul sezonului ploios. Să mai remarcăm că acest eveniment meteorologic, determinat de centrii de acțiune climatici ai zonei geografice respective, manifestă o ciclicitate anuală. Ziua începerii ploilor, eveniment de o importanță capitală pentru civilizația maiașilor, putea fi aflată numărînd răsăriturile de soare de la un anumit reper temporal fix. Dar din momentul în care se pune problema cunoașterii, a determinării acestui reper, se părăsește cadrul climatologiei, intrîndu-se în astronomie. La maiași, reperul era ziua solstițiului de vară, ziua în care umbra lăsată de soare are cea mai mică întindere. În mod practic, fenomenul poate fi urmărit cu un simplu băț vertical, înfipt pe un teren orizontal, expus bătăii razelor soarelui. Știm că aztecii, continuatorii maiașilor în astronomie și în istorie, aveau o sărbătoare religioasă de un interes deosebit, denumită *sărbătoarea Toxcatl*, care se petrecea chiar în ziua solstițiului de vară. Punctul culminant în ceremonialul acestui eveniment religios îl constituia un ritual aparent inutil, cu gesturi care făceau să transpară spectacularul acestei tradiții născute într-o antichitate îndepărtată, odată cu germenii unei științe care, deși se ocupa de mișcările aparente ale astrelor, era deosebit de utilă aici, pe Pămînt. În ziua ceremoniei Toxcatl, un grup de preoți împlîntau în solul zvîntat de primele raze ale soarelui, prăjini verticale. Cu toate că la epoca în care spaniolii au ajuns în Lumea Nouă și au putut asista la asemenea scene, semnificația dintîi, originară, a ritului, fusese probabil uitată, tîlcul ei ascundea vechea obișnuință a măsurării umbrei pentru datarea rudimentară a zilei solstițiului. Astfel, chiar dacă nu exista un mare fluviu, ale cărui revărsări periodice în canalele de irigație să asigure perenitatea economică a civilizației, ca în cazul Egiptului antic, maiașii aveau o astronomie și un calendar care le furniza o informație folositoare și, cel puțin pentru o vreme, suficientă pentru a asigura stabilitatea sistemului. În comparație cu calendarul solar, extrem de perfecționat, al maiașilor (rămași în atîtea alte privințe în urmă, de pildă ei nu cunoșteau nici măcar roata), cunoștințele întrebuințate pentru măsurarea timpului civil în aceeași vreme în Europa erau rudimentare.

Remarcam faptul că agricultura egipteană se bucura de o finalizare sigură a ciclului producător al mijloacelor de trai. În ultimă instanță, poate că nici nu mai era nevoie de un calendar. Tradiția vehiculată de geografii și astronomii antichi-

tății susține că egiptenii au fost primii care l-au inventat. Însă trăsătura care uimește cel mai mult la acel calendar este gradul său de imprecizie. Anul civil egiptean număra doar 365 de zile, astfel că la fiecare 4 ani astronomici adevărați era pierdută cîte o zi întreagă din calendarul civil. Pe lunga istorie a succesiunii dinastiilor din Valea Nilului, erorile s-au acumulat, ajungîndu-se ca lunile civile de vară să cadă în iarnă, iar lunile civile de iarnă să nimerească în plină vară climatică. (Este adevărat că ritmul muncilor agricole nu se ghida după acest calendar, ci după steaua Sirius).

În persistența acestei situații pe tot parcursul istoriei lor antice nu putem să dăm vina pe lipsa de ingeniozitate a vechilor egipteni (construcția marilor piramide ne demonstrează din plin tezaurul lor inventiv). Pentru a-și corecta calendarul într-un grad apreciabil și sensibil, ar fi urmat doar să adauge cîte o zi la fiecare patru ani. De ce nu au făcut-o ? Explicația trebuie căutată în faptul că un bun sistem de măsurare a vremii nu le apărea ca o necesitate fundamentală ; calendarul lor imprecis nu aducea nici un impediment agriculturii, ciclul acestor munci cunoștea, oricum, o mare stabilitate. Există și o parte amuzantă a istoriei calendarului egiptean : pe parcursul secolelor erorile calendaristice s-au acumulat, iar după un mileniu și jumătate au ajuns să fie egale cu un an întreg și astfel s-au corectat de la sine. Pentru ca, după numai patru ani, să se înregistreze din nou un decalaj de o zi...

Abia în anul 46 î.e.n., calendarul egiptean avea să suporte acea corecție simplă din partea lui Sosigeniu, astronomul alexandrin care lucra la ordinele lui Iulius Cezar. Calendarul iulian lua în considerare și fracțiunea de circa o pătrime de zi, care fusese în mod sistematic neglijată de egipteni. Astfel, anul calendaristic iulian măsura în mod riguros 365 de zile și un sfert dintr-o zi. Lucrurile păruseră a se fi aranjat astfel pe un făgaș drept, prestabilit pe milenii. Dar o mică eroare se mai păstra totuși, de data aceasta acționînd în sens invers. La fiecare 128 de ani era adăugată cîte o zi, deoarece anul solar tropic (durata între două solstiții de vară consecutive) numără în mod riguros 365, 242 zile solare mijlocii. Greșeala provenea din inacuratețea măsurătorilor cronologice, care nu reușeau să determine lungimea exactă a anului tropic. Corectarea ei avea să se facă peste mai bine de un mileniu și jumătate, în plină Renaștere — îndreptățită, deci, să poarte trăsăturile esențiale ale unei înnoiri renascentiste.

Pretextul oferit schimbării era unul religios. Într-adevăr, papalitatea a patronat noul calendar, pe care-l comandase ca pe o capodoperă picturală într-o nouă bazilică. Vechiul calendar, cu decalajul pe care-l introducea față de sezonul real, ajunsese să pună sub semnul îndoielii corectitudinea ce caracteriza una dintre sărbătorile importante ale religiei romano-catolice. Paștele. Conform cu o veche regulă, aceasta trebuia să se întîmple la un moment de timp determinat de Soare și de Lună, în prima duminică de după prima fază de lună plină, consecutivă echinocțiului de primăvară. Data în care ziua este egală cu noaptea trebuia să fie pe 21 martie, dar calendarul iulian indica evenimentul astronomic cu aproape două săptămîni mai tîrziu, cu alte cuvinte 21 martie nu mai era de mult ziua echinocțiului de primăvară.

În fapt, nu papalitatea, ci spiritul nou, renascentist, cu nevoia lui de adevăr și exactitate, cerea această corecție.

În anul 1514, papa Leon al X-lea adresă universităților, regilor și împăratului Sfîntului Imperiu Roman de națiune germană, îndemnul de a trimite învățați astronomi, dar și învățați teologi, la un conciliu pentru reforma calendarului. Dar acel mare contemporan al papei, împăratului și regilor, pe numele său latinizat Nicolaus Copernicus, nu a putut să participe la lucrările pentru reforma calendarului, deși invitația fusese adresată și regelui Poloniei, Sigismund I-ul, suveranul său. Sîntem îndreptățiți, totuși, să credem că numele său avea o rezonanță mare printre astronomii epocii, pentru că îl găsim de două ori menționat în referatele comisiei de reformă.

Primul efect al transformărilor calendaristice, avut în vedere de reformatori, consta în reașezarea datei de 21 martie peste ziua adevărată a echinocțiului vernal. Această zi este considerată ca început oficial al primăverii în emisfera nordică.

Este remarcabilă lipsa de grabă cu care au procedat reformatorii. Discuțiile s-au prelungit mai bine de o jumătate de veac, interval cînd în fruntea bisericii s-au perindat cîțiva papi. În sfîrșit, noul calendar, numit *gregorian*, pentru că a intrat în vigoare pe vremea cînd suveran pontif era Grigore al XIII-lea, a devenit timp oficial începînd cu ziua de vineri, 15 octombrie 1582 ; ziua anterioară, joi, 4 octombrie 1582, fusese încă măsurată după sistemul timpului civil iulian.

Neparticiparea lui Copernic la lucrările pentru reforma calendarului pare să se fi datorat mai mult convingerii sale

că progresul către un calendar perfect nu este posibil fără o măsurare de mare exactitate a lungimii anului tropic. Nesiguranța asupra duratei anului tropic era atît de natură principială, cît și empirică. Reticența lui Copernic era justificată, căci, într-adevăr, nici calendarul gregorian nu era o reușită perfectă. Așa cum ne dovedesc constatările de azi ale astronomiei, verificabile cu ceasuri cu cuarț și ceasuri atomice, erorile de măsurare a timpului, introduse de *calendarul gregorian*, ajung să totalizeze o zi întreagă la fiecare 3 300 de ani.

Printr-o întîmplare benefică pentru știință, aproximativ la epoca la care a început să lucreze comisia, Copernic însuși s-a bucurat de o perioadă mai lungă de liniște stimulatoare pentru activitatea intelectuală. Meditînd profund asupra semnificației corecte a anului tropic, analizînd și criticînd măsurătorile anterioare ale acestei durate, el s-a găsit oarecum în situația unui fizician de astăzi, care dispune de datele de măsurare ale unei mărimi și care construiește diverse modele ale fenomenului fizic, destinate să se potrivească seriei de date.

Majoritatea istoricilor perioadei copernicane indică anii 1512—1516 drept epoca la care învățatul din Torun sesizează situarea reală, pozițiile și importanța relativă a Pămîntului, Soarelui și planetelor. Copernic a realizat atunci faptul că periodicitățile astronomice au componente ce mărturisesc prezența unor mișcări ale planetei Pămînt. Prin aceasta, Copernic a făcut nu numai operă de astronom, ci și de fizician. El a fost primul om de știință care a înțeles complexitatea mișcărilor unui corp rigid, în speță a Pămîntului, devansînd, din acest punct de vedere, cu aproape două sute de ani descrierea mișcării solidului, pe care au făcut-o Euler și d'Alembert. El a realizat cu claritate faptul, care nouă ne pare acum suficient de intuitiv, că Pămîntul trebuie să se comporte în fond ca o mare sfîrlează.

Totuși, această revoluție științifică trebuie să fie asociată și cu o schimbare emoțională esențială : dispariția acelei timorări spirituale, dacă ne putem exprima așa, produse de imensitatea Pămîntului.

Nicolaus Copernic a putut minimaliza dimensiunile Terrei, pe care un punct de vedere impresionist le găsește colosale, abia atunci cînd a înțeles ordinul de mărime al Pămîntului în raport cu Soarele.

Se spune că pe patul de moarte, Copernic și-ar fi exprimat regretul de a nu fi observat niciodată planeta Mercur.

Fără a face vreo încercare de analiză freudiană a subconștientului marelui om, putem spune, totuși, că persistența acestei dorințe pe durata unei vieți de om este un indiciu al faptului că micul corp fugitiv al zării de răsărit ori apus a jucat un rol deosebit în fundamentarea gîndirii copernicane. Mercur, planetă ce nu apare decît fie în prag de noapte, fie în zori de zi, dar niciodată în miezul întunericului stelar, însoțește Soarele pe bolta delimitată de stelele zodiacului, ca piatra prețioasă a unui pandantiv invizibil petrecut peste gîtul Soarelui. Deși par să treacă peste lumina Soarelui uneori, atît Mercur cît și Venus se dovedesc incapabile să producă eclipse de Soare. Dar asta înseamnă, pe de o parte, că dimensiunile lor sînt mult mai mici decît ale Soarelui, iar pe de altă parte că aceste corpuri se află la distanțe mult mai mari de Pămînt decît se află Luna, singurul corp ceresc capabil să producă eclipse de Soare pe Terra.

Raționamentele calitative, ce duc la sesizarea ordinelor de mărime ale unor termeni participanți la un fenomen fizic, sînt de o mare importanță pentru înțelegerea naturii lucrurilor, a situației reale dintr-un sistem fizic, sînt o premiză *sine qua non* a modelării corecte a unui proces. Astfel, mergînd parcă pe urmele lui Aristarc din Samos, Copernic a realizat faptul că este mult mai simplu să înțelegi cerul ca pe o panoramă fixă, ale cărei detalii le vedem, succesiv, purtați de un Pămînt în rotație, decît să presupui rotația circumterestră a unor corpuri cerești îndepărtate, cum sînt planetele, Soarele, ori, la limită, chiar stelele fixe.

Traiectoria anuală în jurul Soarelui a fost asimilată de Copernic cu un cerc, iar sfîrleaza telurică face doar cu puțin mai mult de 365 de rotații în jurul axei proprii, ca să parcurgă tot acest cerc. Mișcarea se va numi *revoluție*. În două puncte diametral opuse de pe această orbită, deci separate de un interval de timp de o jumătate de an, incidența razelor de Soare în aceeași regiune geografică și la aceeași oră va înregistra valori diferite, deoarece axa polilor tereștri nu este perpendiculară pe planul traiectoriei. Pe partea pe care Soarele este mai jos, deci unde razele cad mai oblic, va fi iarnă, iar pe partea unde Soarele e mai sus, va fi vară, anotimpurile succedîndu-se în mod ciclic prin mecanismul mișcării de revoluție. Dar meritul cel mai mare al lui Nicolaus Copernic a fost poate acela de a fi sesizat încă un tip de mișcare la care participă Terra, cu an-

vergură largă, de 26 de milenii. Ea are drept corespondent ceresc deplasarea polilor pe boltă, faptul că Steaua Polară nu a fost şi nici nu va fi mereu o stea polară ; că, pe termen lung, poziţiile polilor cereşti se schimbă, deoarece axa Pămîntului e antrenată într-o mişcare conică de precesie. Fenomenul astronomic în sine fusese descoperit încă de vechii greci, prin Hipparc, dar ei nu îi asociaseră totuşi nici o mişcare proprie a Pămîntului. Pentru a înţelege mai bine lucrurile, încercaţi să învîrtiţi pe planul orizontal şi neted al unei mese o mică sfîrleză. Dacă axul rotaţiei nu va fi dintru început perpendicular pe planul mesei, sfîrleaza va face un soi de reverenţe ciclice către lucrurile dimprejur, sau folosind termeni geometrici, se va putea vedea cum axa ei de rotaţie, mişcîndu-se relativ lent, va descrie suprafaţa unui con. Făcînd analogia cu Pămîntul, rolul tăbliei mesei îl joacă planul eclipticii, însă plimbarea completă pe con a axei terestre se îndeplineşte mult mai lent, în aproximativ 26 000 de ani.

Să continuăm cu aceste descrieri geometrice ale mişcărilor Pămîntului. Dacă am duce prin poziţia Soarelui un plan perpendicular pe direcţia axei terestre din acel moment, acesta va tăia ecliptica în două puncte. Unul dintre acestea este punctul vernal Gamma şi acolo se va găsi Pămîntul în ziua echinocţiului de primăvară ; prin celălalt punct diametral opus, Pămîntul va trece în ziua echinocţiului de toamnă. Dacă, însă, axa Pămîntului oscilează de la direcţia ei, la fel ca şi axa sfîrlezei, atunci şi cele două puncte de pe ecliptică, ce corespund echinocţiilor, îşi vor schimba poziţiile. Fenomenul deplasării poziţiei echinocţiului de primăvară (sau de toamnă) pe ecliptică se numeşte *precesia echinocţiilor*. Precesia poate fi evidenţiată de observatorii de pe Pămînt prin faptul că Soarele nu mai rămîne în acelaşi punct din zodiac la acea dată a echinocţiului. Cauza mutării, în durate de milenii, a poziţiei punctului vernal de pe ecliptică din constelaţia *Berbecul* în constelaţia *Peştii* nu a putut fi înţeleasă de nici unul dintre geografii şi astronomii de pînă la Copernic.

Să mai amintim acum, ca pe o circumstanţă culturală aproape incredibilă, că un număr mare de gînditori de prima mărime din perioada imediat următoare lui Copernic, deşi au acceptat modelul heliocentric, au refuzat să înţeleagă esenţa precesiei mecanice a orbitei Pămîntului, reflexia lor limitîndu-se numai la constatarea că axa polilor este înclinată faţă de pla-

nul eclipticii cu un unghi fix. Detaliul mişcării de precesie a părut poate multora numai o complicaţie matematică inutilă şi mulţi învăţaţi contemporani cu Copernic au insinuat chiar că întreaga teorie heliocentrică a acestuia trebuie acceptată doar ca o ipoteză matematică, explicînd multe, dar, totuşi, numai o supoziţie. Este sigur că lui Copernic i-au parvenit asemenea remarci în cursul vieţii sale ; ele erau mai mult ori mai puţin îmbrăcate în haina sfatului prudent de a-şi tipări noua doctrină despre mişcările cereşti sub forma unei ipoteze geometrice. Toate acestea dovedesc că ideile sale erau cunoscute de unii astronomi chiar înainte ca ele să fi căpătat forma literei tipărite. Aceasta pentru că un manuscris din 1515, *Commentariolus* sau *Micul comentariu*, conţinînd prima lor redactare, fusese multiplicat în copii de mînă, din care pînă în zilele noastre s-au păstrat numai două exemplare.

Consecutiv scrierii *Micului Comentariu*, Copernic se angajase în îndeplinirea unui ambiţios plan de măsurători de poziţie a corpurilor cereşti. Între datele de observaţie astronomică din antichitate şi cele renascentiste exista un hiatus milenar. Astronomul din Torun îşi propunea un proiect grandios : să arunce o punte între două serii de măsurători dislocate de vicisitudinile unei istorii absurde. Din pricina aceasta, Copernic ajunge în poziţia destul de bizară pentru creatorul unei teorii ştiinţifice care răsturna o concepţie despre lume : el este îndrăgostit cu patimă de instrumentele vechi, susţinînd că întregul aparat tehnic al astronomiei de poziţie trebuie să fie construit riguros după consiliile lui Ptolemeu din Almagesta. Şi, într-adevăr, face uz de mijloace instrumentale extrem de simple, chiar rudimentare, scule astronomice de lemn, construite cu propria sa mînă, cum ar fi acele faimoase „rigle ptolemaice", dintre care una, ajunsă după şaptezeci de ani de la moartea lui Copernic în posesia exaltatului persomaj care a fost Tycho Brahe, va fi cîntată de acesta într-o odă.

De fapt, pietatea lui Copernic faţă de autorul *Almagestei* nu a fost decît un sentiment de suprafaţă, fără consecinţe nefaste pentru progresul astronomiei. Fără îndoială că nu acestui sentiment îi datorează el dezvoltarea sistemului heliocentric, ci seriei de observaţii exacte, care l-au condus la evidenţierea unei contradicţii între realitatea astronomică şi mersul astrelor calculat după schemele ptolemaice ale sistemului lumii.

Abia după un deceniu şi jumătate de la formularea în germene a trudei gîndirii sale, Copernic a întreprins redactarea

operei lui capitale, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, lucrare marcată de destinul de a fi ieșit de sub tipar în chiar anul morții autorului, 1543. Totuși, cea dintîi ediție, apărută la Nürnberg, era departe de a fi în același timp și o reușită operă tipografică și aceasta explică și raritatea exemplarelor ce ni s-au păstrat din această tipăritură ; abia ediția secundă, din 1566, apărută într-o formă mult mai îngrijită, a cunoscut o răspîndire mai largă, constatată și printr-o mai frecventă conservare în biblioteci.

În paragraful introductiv al operei copernicane e ostentativă încercarea de a preveni și para criticile: „Non dubito...", se exprima Copernic în latina artificioasă a Renașterii, „Nu mă îndoiesc că anumiți savanți — pentru că zvonul despre noile ipoteze ale acestei opere în care Pămîntul este mobil, iar Soarele fix, s-a răspîndit deja — se vor simți puternic șocați... Dacă ar vrea totuși să examineze lucrarea aceasta mai îndeaproape, ei ar găsi că autorul nu a întreprins nimic care să merite blamul". Chiar și așa, Copernic nu consideră că și-a luat suficiente precauții. De aceea mai adaugă : „De la bun început trebuie să remarcăm că lumea este sferică". Acesta era vechiul argument al sfericității, provenit din filozofia pitagoreică. Dar, odată cu al doilea capitol, Copernic intră în expunerea unor fapte științifice consistente : ce știau anticii despre planetele interioare, Mercur și Venus, cît și despre mișcarea lor circumsolară ; cît de greoi și neveridic e sistemul care face uz de epicicluri și în care Pămîntul ocupă un loc central ; cît de logic și simplu apare conceptul că Pămîntul nu se deosebește de cele cinci planete (cîte se cunoșteau pe atunci). În fine, cît de clar se explică buclele trasate pe boltă de astrele care vagabondează printre stelele fixe, Saturn, Jupiter și Marte, dacă li se asociază atît lor, precum și Pămîntului, aceeași mișcare circumsolară, bănuită de antici la Venus și la Mercur.

Chiar dacă savantul a murit în anul publicării operei sale, temerile lui cele mai rele s-au confirmat, cel puțin pentru următoarea jumătate de secol de la moartea sa.

Teologii catolici și ai Reformei, în atîtea puncte în dezacord, combăteau sistemul heliocentric aproape cu aceleași tipare verbale. Mai trist, chiar oameni a căror probitate intelectuală este mai presus de orice dubiu, ca pedagogul ceh Jan Comenius, o respingeau : după aproape un secol de la opera copernicană, *Fizica* lui Comenius, manual folosit în școlile acelei vremi, vehicula încă dogma că Pămîntul e în centrul universului.

Totuși acei puțini oameni implicați în ceea ce noi numim azi cercetare științifică îi acordau un credit total. Astfel, într-un schimb de scrisori, care a avut loc în ultimii ani ai secolului XVI, italianul Galileo Galilei și germanul Johan Kepler își mărturiseau consensul asupra justeței doctrinei heliocentrice. Acești doi oameni au contribuit cel mai mult la progresul decisiv al noilor idei.

Johan Kepler a fost primul astronom de după Nicolaus Copernic care a considerat în mod permanent și fără șovăială că Pămîntul este o planetă. Însă Galileo Galilei a contribuit cel mai mult la aducerea concepției heliocentrice în mijlocul intereselor intelectuale ale păturii cultivate a vremii sale : prin ceea ce a observat pe cer cu luneta, dar mai ales, prin ceea ce a scris.

Capitolul IV | INVENȚIA LUNETEI

Orizonturile universului astronomic sînt determinate de instrumentele care mărese unghiurile sub care vedem obiectele cele mai îndepărtate ale cerului.

De parcursul unei istorii științifice mai lungi de trei secole, această instrumentație astronomică a folosit aproape în mod exclusiv unul dintre cele mai transparente materiale cu aparență solidă, sticla. Spunem cu aparență solidă, pentru că sticla intră în aceeași categorie de materiale amorfe, cărcia îi aparțin și smoala, ceara ori bitumul, fiind de fapt un lichid extrem de viscos, a cărui curgere se produce în ritmuri infinitezimale, imposibil să fie sesizate de ochiul omului, chiar după decenii ori veacuri de așteptare. Sticla reprezintă o stare metastabilă a materiei condensate, afirmă fizicienii. Ea are o tendință foarte naturală de a cristaliza, însă această transformare de fază are de obicei urmări catastrofale pentru calitatea transparenței. De aceea omul trebuie să intervină în procesul de dozare a compoziției, pentru a realiza materiale cu structură atît de complexă, încît ar fi deosebit de greu și de improbabil ca ele să treacă, în condiții obișnuite, într-o stare ordonată, cristalină, lipsită de transparență.

Sticla banală, uneori chiar și sticla de calitate, este cunoscută de cîteva milenii, descoperirea secretului fabricării ei fiind, probabil, contemporană cu epoca bronzului, adică de atunci de cînd omul a învățat să prelucreze materiale prin mijlocirea temperaturilor înalte. Tot la fel și piesele fundamentale din majoritatea instrumentelor optice clasice, adică oglinzile și lentilele, au fost inventate de foarte multă vreme. Însă cea dintîi utilizare a lor, dată fiind puterea pe care o au de a transmite ochiului imagini mărite ale lucrurilor, pare să fi fost limitată numai la efectuarea trucurilor magice.

Nu trebuie să negăm prezența unor inteligențe mai presus de normă printre acești magicieni ai veacurilor apuse, numele unora dintre ei fiind transmise pînă la noi. Neobișnuitele calități pe care le manifestă materia atunci cînd lucrurile sînt aranjate puțin altfel decît în schema lor cotidiană, — aranjare ce, de la epoca lui Galilei încoace, este cunoscută sub numele de experiment —, nu puteau să fi scăpat ochiului lor iscoditor. „Sfera de cristal", de exemplu, este un obiect de recuzită magică, folosit de unii falși divinatori de astăzi în virtutea unei străvechi tradiții transferate pînă în epoca noastră printr-un lanț de magicieni, atît iluziioniști de geniu, cît și panglicari de duzină. Ar fi inutil și chiar absurd să le deschidem acelor oameni un proces de intenție : dacă nu și-au folosit într-un mod pozitiv observațiile, asta se datorează numai absenței motorului social, a nevoii generalizate care induce toate tranzițiile majore de tehnică, așa cum s-au petrecut lucrurile din epoca bronzului și pînă astăzi.

Abia pe la începutul secolului XVII, lentilele vor ajunge în mîinile unor persoane mai oneste decît cele din categoria mai sus amintită.

Unul dintre acești oameni a fost Galileo Galilei.

Născut la Pisa, orașul celebrului turn înclinat, aproape în aceeași zi în care murea Michelangelo, Galilei și-a trăit tinerețea în acea regiune a Italiei nordice, unde primăvara culturală a Rinascitei exultase cu vigoare titanică. Deși prima parte a vieții lui Galilei se încadrează în ultimul sfert din Cinquecento, prin opera sa științifică el a contribuit la crearea unei paradigme a idealului cultural, net distinctă de paradigma renascentistă.

La îndemnul tatălui său, un muzician sărac dar inteligent, a început studii medicale, pe care nu le-a dus însă niciodată la sfîrșit, dar noțiunile deprinse îi vor folosi la cercetările sale de fizică, la fel ca măsurile muzicale deprinse de la tatăl său. Astfel, învață că în stare de calm și concentrare pulsul său trebuie să fie uniform ; folosind drept ornic ritmul izocron al inimii sale, Galilei observă într-o bună zi în catedrală că oscilațiile unui mare candelabru, scos temporar din poziție de echilibru, decurgeau ritmic și la fel ; de atunci, legea „izocronismului oscilațiilor mici" va fi totdeauna asociată în știință cu numele lui Galileo Galilei.

A părăsit medicina pentru ceva care ar fi echivalat cu studiile inginerești de astăzi, pășind pe calea trasată în geniul

civil și militar de Leonardo da Vinci. Portretele sale de la o vîrstă matură ni-l înfățișează ca pe un bărbat robust, cu nasul ușor turtit, ceva din fizionomia lui apropiindu-l parcă, de Ernest Hemingway. Privirea dreaptă și înflăcărată a ochilor săi ne face să gîndim că era obișnuit să rostească răspicat adevărul, ceea ce putea provoca atitudini ostile la cei din jur. Se va spune despre Galileo că în anii studenției se pricepea să riposteze agresiunilor fizice cu aceeași monedă a forței. Acel faimos „E pur si muove", din finalul umilitorului act de abjurare impus de tribunalul inchiziției, ne dezvăluie un caracter aprig, nedeprins să cedeze în chestiuni de adevăr.

În ciuda acestor frumoase trăsături ale firii sale, la vîrsta de 45 de ani era departe de a fi atins celebritatea. Era un profesor universitar de o notorietate limitată, cunoscut doar ca un bun specialist în *proiectarea fortificațiilor* — arta ridicată de Leonardo la rangul de știință.

Trebuia să lucreze nenumărate ore pe zi în genul de muncă pe care lumea îl aștepta de la el, desenînd planuri pentru turnuri de apărare, canale și forturi, galerii de minare precum și mijloace destinate să contracareze intenții adverse de aceeași natură. Pentru că Italia acelei vremi era împărțită ca o tablă de șah într-o mulțime de stătulețe care se războiau între ele, încheind și desfăcînd alianțe, iar principi, duci și regi ori conducători religioși se înconjurau de ziduri și arme. Ar fi eronat să tragem de aici concluzia că Galilei era un spirit militarist. Nu inventa mijloace de a ucide, ci mijloace de apărare, căci, în ciuda atîtor amenințări, o viață citadină netemătoare și o cultură bogată înfloreau între ziduri puternice.

Este adevărat că poate numai gîndindu-se la drumul în spațiu al ghiulelelor de bombardă avea să elaboreze primele studii valoroase de balistică. Însă, deși încercările acestea, conectate într-un fel cu geniul civil și militar, aveau să se dovedească extrem de valoroase pentru dezvoltarea ulterioară a științei, nu s-ar putea afirma că tocmai studiile de mecanică i-au adus notorietatea în epoca lui.

Faima avea să-i vină numai odată cu construirea lunetei ce-i poartă numele, precum și cu anunțarea fascinantelor sale descoperiri astronomice.

Cu toate că atît Galilei cît și Kepler au construit lunete prin asocieri de lentile inteligent distanțate unele de altele, prioritatea realizării instrumentului nu le aparține. Însuși Galilei mărturisea că mai întîi auzise despre descoperirea optică

a unui „oarecare flamand". Pe atunci Galilei se afla la Veneția și i-a venit în curînd confirmarea zvonului într-o scrisoare trimisă din Paris de unul din foștii lui studenți. Cele mai multe dintre mărturiile istorice care ni s-au transmis, cu toate că diverg asupra numelui autorului invenției, converg totuși într-o privință : ele indică Flandra ca loc al inventării, probabil repetate, a lunetei. La acea epocă trăiau cel puțin trei opticieni flamanzi care pretindeau, independent unul de altul, că prioritatea brevetului lunetei le-ar aparține.

Galileo Galilei a putut să perfecționeze luneta pe cînd se afla la Veneția. În topitoriile de sticlă de pe insula Murano se fabricau pe atunci cele mai bune oglinzi și cupe din lumea întreagă.

Avînd la dispoziție sorturi optime de sticlă, precum și ajutorul competent al unor sticlari calificați, Galilei și-a putut construi zeci de lentile, de toate tipurile.

O lunetă constă, în esență, din două părți : o lentilă principală, *obiectivul*, numită așa pentru că este îndreptată către obiectul vizat, și încă o lentilă, *ocularul*, prin care se privește. Obiectivul este o lentilă mai bombată la mijloc decît la margini, care poate strînge un fascicul paralel de raze într-un punct numit *focar*. Ocularul lunetei lui Galilei era o lentilă mai subțire la mijloc decît la margini, cu alte cuvinte o lentilă divergentă. Galilei a pus cele două lentile la capetele unei țevi de plumb, obținînd astfel o lunetă cu care a început observații astronomice sistematice.

Fasciculul de raze aproximativ paralele, provenind de la sursa cerească îndepărtată, planetă ori stea, devine convergent după răsfrîngerea sau refracția razelor prin obiectiv, iar la ieșirea din ocular își recapătă paralelismul. Pătrunzînd apoi în ochi, razele cad pe retina sensibilă după ce au parcurs cristalinul, dînd imaginea reală a sursei originare a luminii. Pentru ca o lunetă să-și îndeplinească funcția esențială de apropiere, trebuie ca unghiul sub care razele ies din lunetă să fie mai mare decît unghiul sub care razele pătrund în lunetă. Raportul celor două unghiuri e o măsură a calității instrumentului optic, *grosismentul*, și el este cu atît mai mare, cu cît obiectivul este mai mare, dar în același timp, cu cît obiectivul este mai mare, cu atîta lungimea tubului trebuie să fie mai impresionantă.

Pentru că și-a perfecționat luneta la Veneția, Galilei a dăruit-o bătrînei republici a dogilor. Se mai păstrează minuta originală a dezbaterilor din senatul venețian, prin care se con-

firma numirea lui ca lector pe viață la Universitatea din Padova, o recunoaștere a importanței (militare) a invenției sale. Pentru contemporani, descoperirea venea oarecum din direcția așteptată, de la un specialist în tehnica fortificațiilor.

Primul nume pe care Galilei l-a pus lunetei a fost acela, neinspirat, de „cannocchiale". Într-un tablou de Sabatelli este înfățișat prezentînd acest „cannocchiale" dogelui Veneției ; dar pictorul însuși nu putea nicicum să fi fost un martor al evenimentului, întrucît el a trăit abia în secolul următor celui în care s-au petrecut amintitele fapte. Totuși, nu există dubii asupra veridicității istoricei întîmplări, pentru că un ziar al epocii, „Cronacca" venețiană, editată de Girolamo Priuli, relata cu promptitudine în paginile sale acel memorabil eveniment din 21 august 1609.

Anul 1610 este cel în care Galilei vestește lumii un șir de neînchipuite descoperiri pe bolta cerului : munții de pe Lună, rezolvarea *Căii Lactee* în stele individuale, faptul că planetele se văd ca niște mici discuri, iar stelele ca puncte, fazele planetei Venus, petele de pe Soare etc.

Însă descoperirea care se instituia în cel mai puternic argument în sprijinul ideilor generate de revoluția cosmologică a lui Copernic era o imagine, vizibilă pentru oricine își apropia pupila ochiului de ocularul lunetei ațintite înspre discul planetei Jupiter. Astrul, realmente magnific, devenea și mai maiestuos așa cum putea fi văzut începînd de atunci, înconjurat de patru sateliți mari, lunile galileene : *Io*, *Europa*, *Ganimede* și *Callisto*. Era, în termenii întrebuințați astăzi, un model concret de corpuri cerești, care orbitează în jurul unui astru central, aproape un sistem solar în miniatură, iar Galileo, bun cunoscător al psihologiei publicului căruia i se adresa, a sesizat imediat „impactul propagandistic" al acestei imagini în favoarea teoriei heliocentrice. Era o confirmare strălucitoare, imposibil de ignorat, a doctrinei copernicane a mișcărilor orbitale, efectuate de corpuri mai mici în jurul unui obiect central masiv.

Un neobișnuit simț al responsabilității față de nivelul cultural al epocii l-a transformat pe Galileo Galilei într-un zelos popularizator de știință. Paginile cărții sale, *Dialog despre cele două sisteme principale ale lumii*, au fost citite și recitite atît la vremea primei lor apariții, precum și în cursul anilor, adunați în secole, care s-au scurs de atunci.

Savoarea lor inițială se transmite, aproape inalterată de vreme, și cititorului modern. Însă cele trei veacuri și jumătate,

care s-au scurs de atunci, ne pun oarecum automat în postura de judecători ai valorii științifice și literare a principalei opere de propagare a noilor idei astronomice, acel *Dialogo dei massimi sistemi*. *Dialogul* scris de Galilei a intrat în istoria literelor italiene, unde filologii îl prezintă ca pe un exemplu de claritate a prozei. Lucrarea respiră încă verva dintru început, frazele au fluența încărcată de poezie a dialogurilor maieutice, scrise de antici. Cele trei personaje, care schimbă replici echilibrate și pertinente, țes cu finețe trama primului „roman al științei" scris vreodată.

Principalul partener de dialog al susținătorului opiniei heliocentriste, numit Sagredo, portretizează, în fapt, pe un prieten venețian al lui Galilei, secretar de stat în republica dogilor, un om eliberat de prejudecățile scolastice, dovedind mult bun simț și ironie fină. Omul realist, care prin funcția lui poseda un ascuțit fler politic și diplomatic, a presimțît cu mult înainte suita de necazuri care se vor abate asupra lui Galilei dacă va pleca din Veneția. Cine i-ar fi putut produce aceste necazuri, atunci cînd Galilei era în centrul atenției întregii Italii cultivate ? Firește, ciracii jupînului Rocco Berlinzone. În cheia orală a poreclelor date personajelor și instituțiilor Italiei acelui timp, malefic „messer Berlinzone" reprezenta iezuitul. Căci libertatea spirituală efectivă, de care se bucurase Galilei la Veneția, era consecința faptului că iezuiții fuseseră izgoniți din cetatea Sfîntului Marco.

Revenind, însă, la personajele livrești, constatăm cu o oarecare surprindere că acestea nu expun în *Dialog* concepția copernicianã în toată extensia ei, ci se limitează la discutarea anticului sistem al lui Aristarc din Samos. După cum se știe, deosebirea dintre cele două concepții heliocentrice se reduce la numărul de mișcări ce sînt atribuite Pămîntului, două la Aristarc, trei la Copernic.

În ideologia copernicană originară, Pămîntul era antrenat în trei tipuri de mișcări fizice : *precesia*, acea mișcare conică a axei terestre prin care se explică fenomenul precesiei echinocțiilor, taină cu șapte peceți pentru geografii și astronomii precopernicani ; *revoluția anuală ; rotația diurnă*. În *Dialog* se enumeră numai două mișcări : „...două, adică cea anuală și cea zilnică, pentru că cea de a treia nu este propriu-zis o mișcare", spune la un moment dat personajul Salviati, fără ca Galilei să dea vreo replică de contestare. Mai mult, Galilei nu ține seama nici de perfecționările aduse de Kepler mișcărilor planetare, de

faptul că ele nu se execută pe cercuri, ci pe elipse, avînd Soarele într-unul dintre focare.

Dar se mai poate avansa și explicația că viteza de difuzare a ideilor heliocentriste nu a avut decît de cîștigat de pe urma acestei simplificări, a acestei pierderi în precizie. Simplitatea expozeului pare să fi fost latura care a precumpănit, căci dialogurile, dezvoltate în mare măsură socratic, maieutic, erau destinate în primul rînd cîștigării unui interes și unui sprijin pentru știință în opinia publică a acelui veac. Dacă a reușit ? Răspunsul pozitiv poate fi dat cu certitudine absolută : după faimosul „E pur si muove" nu a mai existat loc pentru sistemul ptolemaic, geocentric.

Însă principalele argumente în favoarea noii astronomii erau aduse de lunetele astronomice, relativ ușor de construit și în care imagini de o extraordinară prospețime se adresau în mod direct acelora care vroiau să-și pună întrebări despre structura reală a universului. Structura aceasta se dovedea de o complexitate neașteptată, incitantă.

În dorința de a realiza instrumente capabile să apropie cît mai mult universul stelar, s-au utilizat obiective tot mai puternice, lentile cu distanțe focale tot mai lungi (distanța focală fiind depărtarea de la centrul lentilei la punctul în care ea concentrează un fascicul de raze solare).

Pentru cazul lunetelor mari, în mod practic distanța focală a obiectivului ajunge să coincidă cu lungimea totală a tubului. De aceea o lunetă de o lungime considerabilă era semnul distinctiv al puterii optice. Cu această idee în minte, olandezul Christian Huygens face un instrument ce măsura 6,5 metri lungime. După care stabilește, fără îndoială, un record absolut în materie de construcții de lunete, realizînd un instrument care măsura între ocular și obiectiv nu mai puțin de 70 de metri !

Apoi, plecîndu-se de la faptul evident că lunetele astronomice se folosesc în condiții nocturne, s-a considerat că nu mai este necesar tubul care împovăra în mod inutil instrumentul. Lunetele căpătau forma unor imense structuri ajurate. Dar, oricît de aerat ar fi fost eșafodajul mecanic, la dimensiunile lor ciclopice, era totuși greu de mînuit. În consecință, se renunță pur și simplu la montarea lentilelor într-un suport mecanic, controlat mai mult sau mai puțin dificil cu pîrghii.

Pe la 1671 își începea activitatea la Paris un personaj, cînd lăudat, cînd contestat, astronomul de origine italiană Domenico Cassini, ori „primul Cassini", pentru că a fost întemeietorul

unei „dinastii" de astronomi parizieni. Venit în Franța la invitația lui Colbert, inteligentul ministru al lui Ludovic al XIV-lea, Cassini a instalat pur și simplu o *lentilă-obiectiv* pe acoperișul clădirii observatorului astronomic, după care, plimbîndu-se în jurul clădirii cu o lupă lipită de ochi în chip de ocular, se deda unei prodigioase activități de observație. Căci, într-adevăr, ceea ce făcea el acolo era mai curînd o treabă de prestidigitator ; printr-o extraordinară agilitate și îndemînare, găsea focarul obiectivului de pe acoperiș, realizînd o performanță de optică geometrică, a cărei exactitate era comparabilă cu precizia unor calcule matematice. Comandîndu-și *lentile-obiectiv* tot mai mari, s-a ajuns la un moment dat ca niri măcar înălțimea observatorului parizian să nu-l mai satisfacă pe Cassini. Atunci maiestuosul Louis XIV, căruia tot spectacolul nocturn, prezentat de astronomul acesta, care vorbea cu accent italian, îi stîrnea mai mult un sentiment de nedumerire decît de amuzament, ordonă dezafectarea unui turn de apă și montarea lui în curtea observatorului, pentru a servi nevoilor astronomiei.

Într-o anumită privință, destinul final al primului Cassini îl amintește pe acela al lui Galileo Galilei : amîndoi astronomii au orbit către sfîrșitul vieții lor. Căci aceasta a fost „pedeapsa" pentru cei care au inițiat studiile asupra Soarelui. Știm acum, după atîtea experiențe triste din trecut, că ochiul nu trebuie să fie expus luminii solare, chiar dacă aceasta și-a slăbit tăria, trecînd printr-un filtru ori geam afumat, întrucît protecția oferită astfel e doar parțială, filtrele întunecate reținînd lumina vizibilă, dar lăsînd să treacă alte frecvențe din spectrul solar, potențial vătămătoare pentru ochi.

De la un astronom la altul, de la o tentativă constructivă la alta, proporțiile și puterile optice ale lunetelor creșteau în mod gradat. Dar, în același timp, începeau să se manifeste și deficiențele lor majore și principiale. În primul rînd, faptul că luminozitatea imaginii devenea tot mai redusă. S-a crezut că lipsa aceasta poate fi compensată relativ ușor, prin creșterea cantității de lumină admisă în sistemul optic, adică prin mărirea diametrului obiectivului. Însă, așa cum s-a constatat destul de timpuriu, folosirea unor lunete cu obiective tot mai mari făcea să se amplifice altă deficiență, de asemenea principială, a lunetelor lucrînd în lumină albă. Este vorba despre *aberația cromatică*. Efectul, descoperit de către alții, a putut fi explicat de către Isaac Newton pe baza fenomenului de *dispersie a luminii*.

Dispersia este fenomenul care face arcul frumos al curcubeului după ploaie. Iar într-un laborator lumina albă este descompusă, dispersată, la trecerea printr-o prismă de sticlă (marginea ascuțită a unei lentile este tot un fel de prismă), într-un evantai de culori, de la roșu pînă la violet, trecînd prin nuanțe de portocaliu, galben, verde, albastru, indigo. La trecerea oblică a luminii dintr-un mediu într-altul, de pildă din sticlă în aer, direcția razei de lumină se frînge, procesul fizic se cheamă *refracție*, iar lunetele, care lucrează pe baza acestui fenomen, se mai cheamă și *refractoare*. Dispersia înseamnă aceea că la refracție se manifestă deosebiri perceptibile între razele de culoare roșie și cele de altă culoare, să zicem violetă ori albastră, ultimele fiind frînte mai mult decît primele la trecerea prin sticlă ; astfel, lentilele vor avea un focar roșu distinct de unul violet ori albastru, existînd în fapt o succesiune de focare în toate nuanțele curcubeului dispuse unul lîngă altul într-o regiune din spațiul focal și afectînd claritatea imaginii. Deoarece în sticlele groase ale unei lunete razele de lumină ce vin de la stele suferă fenomenele de *refracție* și *dispersie* din plin, imaginea astrului va apare purtînd o diafană coroană irizată, ceea ce poate fi frumos ca fenomen *op-art*, dar se dovedește a fi o adevărată calamitate pentru astronomul care caută adevărul despre univers privind prin sticlele sale bombate. Astfel de lunete, cu obiective mari, produc erori de observație.

Victima fără voie a unei asemenea mistificări a fost, de exemplu, primul Cassini, în 1686 și fără îndoială că și în anii precedenți acelei date, cînd i s-a părut că observă obiecte neașteptate și bizare însoțind discul ciobit al planetei Venus. „Pe data de 18 august 1686", scria astronomul, „la ora trei dimineața, privind către Venus (...), am văzut la o distanță egală cu trei sferturi din diametrul acestei planete (...), o apariție luminoasă de formă nu prea bine definită, care părea să aibă aceeași fază ca și Venus...". Cassini povestește apoi cum și-a reamintit că mai văzuse așa ceva la o dată anterioară, tot către sfîrșitul unei nopți. Firește, el s-a simțit extrem de tentat să identifice această „vedenie", aberație creată de obiectivele mari cît o far-furie, pe care le folosea, cu un satelit al planetei Venus. În felul acesta, în capitolul de erori al astronomiei a intrat un subiect ce a persistat pînă în secolul XIX, cînd observatori ca Herschel și Barnard, cu mijloacele lor instrumentale mult mai precise și mai puternice decît acelea de care dispunea întîiul Cassini, au infirmat într-un mod categoric existența acestui satelit venusian. Aceasta nu-i împiedică, însă, pe diverși indivizi excentrici, observatori amatori și incidentali ai cerului, să anunțe din cînd în cînd redescoperirea satelitului natural venusian „pierdut" de către astronomia modernă.

Faptul că, folosind asemenea instrumente imperfecte, astronomii veacului XVII făceau, totuși, descoperiri remarcabile, impecabile chiar în planul acurateței observațiilor, ne dovedește o dată mai mult că omul, cu metodologia lui de lucru, poate să depășească inconvenientele unei instrumentații defectuoase.

Capitolul V
TELESCOPUL CU OGLINDĂ METALICĂ

Unul dintre răspunsurile date defectului de *aberație cromatică* a lentilelor, defect ce îngreuna și uneori chiar falsifica observațiile făcute prin lunetele cu obiective mari, l-a reprezentat invenția *telescopului reflector*.

Există un decalaj de vreo jumătate de secol între brevetarea lunetei, ce lucrează pe baza fenomenului de refracție a razelor de lumină care parcurg într-un fel de zig-zag optic un sistem de lentile, și momentul realizării telescopului, instrument bazat pe reflexia luminii într-o oglindă concavă, care „mărește" imaginea. Acest instrument este ferit în mod principial de aberația cromatică, iar atunci cînd, printr-o atentă și trudnică șlefuire, oglinda capătă forma unui paraboloid, dispare încă un aspect depreciativ al imaginii, anume *aberația de sfericitate*.

Deși este o idee oarecum curentă că inventatorul primului telescop a fost Isaac Newton, totuși prioritatea invenției îi aparține scoțianului James Gregory, care în anul 1663 a fabricat un telescop dintr-un bronz similar celui din care se fac clopotele, așa-numitul *metal speculum*, un aliaj pentru oglinzi, cunoscut încă din Evul Mediu.

Dar astronomul ce a dat măreție acestui instrument a fost William Herschel. Se poate încerca trasarea unei paralele destul de convingătoare între destinul acestui remarcabil observator al stelelor și cel al arheologului Heinrich Schliemann, omul care a scos la lumină ruinele de la Micene și Troia. Și unul și celălalt s-au născut în Germania ; amîndoi au cunoscut o perioadă de tinerețe apăsată de griji materiale ; atît astronomul, cît și arheologul, au acumulat o vastă cultură prin efortul perseverent de autodidacți de excepție ; la vremea vîrstei mature amîndoi au erupt strălucitor în lumea științei, unde au introdus idei proaspete și metodologii inedite. Stilul special, prin care fiecare

abordă știința lui, avea ca numitor comun o imaginație extrem de vie, ce acționa ca un fel de ferment spiritual pentru obținerea adevărului. De pildă, Herschel putea să se lanseze în căutarea unei legături dintre ciclul numărului petelor solare și variațiile cu perioada de unsprezece ani, pe care le înregistra prețul grîului pe piața de la Londra ; iar mai tîrziu, Schliemann, avea să folosească termometrul pentru a localiza Ilionul, vechea Troie homerică, scufundîndu-l în apa izvoarelor din Anatolia în căutarea sursei calde care curgea, în poema lui Homer, pe lîngă cetatea de tristă soartă. În fine, demonstrarea unui corolar al curajului intelectual, tăria opiniilor, chiar cînd era vorba despre himere : Heinrich Schliemann era tot atît de convins că personajele lui Homer au trăit cu adevărat în istorie, pe cît era de stăpînit William Herschel de gîndul existenței generalizate a vieții pe alte corpuri cerești.

Herschel a început să-și cîștige existența de la vîrsta de paisprezece ani, cîntînd într-o fanfară militară hanovriană, dirijată de tatăl său. Cu ocazia unei vizite, cu caracter evident protocolar, pe care regimentul său o face în Anglia, unde, incidental, fusese instalat pe tron un prinț din landul său natal, Hanovra, el învață limba engleză suficient de bine pentru a se putea încălzi la flacăra ideilor care ardeau în *Eseul asupra intelectului uman* al lui John Locke, carte cu un larg răsunet printre gînditorii acelui veac XVIII. Peste cîțiva ani, cînd trupele regelui Franței invadează Hanovra, ținutul natal, William Herschel se îmbolnăvește grav în epidemia ce a urmat debaclului. Restabilit, își părăsește regimentul, părăsește chiar continentul, pentru a reveni în Anglia insulară. Acolo putea fi constatată o relativă bunăstare, oricum mai largă decît pe continent, căci se iviseră deja zorii revoluției industriale. Pentru mulți ani de acum înainte, Herschel își va susține traiul dînd lecții de muzică unor melomani înstăriți, apoi dirijînd o orchestră dintr-o stațiune balneară la modă. Timpul liber, pe care se pare, totuși, că-l avea cu prisosință la dispoziție, și-l cheltuia instruindu-se într-un efort de o remarcabilă consecvență și lărgime. Citește cărți de optică, mecanică, matematică, matematici superioare, iar printre picături mai compune și muzică, întrucît era plătit suplimentar pentru partiturile originale. Nu a lăsat un nume mare în muzică. Însă „nenumăratele ore de lucru pe care parvenea să le îngrămădească într-o singură zi nu pot fi decît admirate", observa pe bună dreptate unul din biografii săi. La sfîrșitul obositoarei stagiuni muzicale din iarnă își putea

permite odihna „între cărțile lui favorite", după cum povestea mai tîrziu una dintre rudele apropiate. Chemarea lui științifică îi orienta destul de corect pașii în universul cărților. Firește, la început ambițiile lui intelectuale sînt modeste. Pentru că el nu e decît un muzician, intenționează doar să se perfecționeze în teoria muzicală. Aceasta înseamnă armonie în primul rînd, un subiect ce are o tangență nemijlocită cu sunetul, cu fizica. Din întîmplare, inițierea în studiul cantitativ al armoniilor o face prin intermediul unei cărți scrise de un fizician care avea un repertoriu mai bogat de lucrări ce tratau subiecte aparținînd altor domenii ale fizicii. Stilul autorului îl atrage, așa că își lărgește puțin preocupările, abordînd și cartea de optică a acestuia. Aici citește despre lunetă, despre telescop. Mai mult, se cufundă cu aviditate în lectura oricărei cărți de astronomie care îi cade în mîini. Pentru că, se pare, la Herscheli plăcerea contemplării astrelor era un fel de moștenire de familie : tatăl savantului își inițiase copiii în nomenclatura astrelor și constelațiilor încă de la o vîrstă fragedă.

Într-o bună zi îi nimerește în mîini un fel de manual de astronomie, scris de un oarecare Fergusson, profesor de astronomie și fizică, în timpurile un simplu cioban, a cărui condiție putem doar să bănuim că nu era excesiv de rustică. Cartea lui era, însă, admirabil scrisă, bucurîndu-se de notorietate printre cititorii acelui veac. William Herschel va sfîrși în numai cîteva ore lectura acestei cărți ce-i alimenta focul secretei lui pasiuni. Acele puține ceasuri îi vor marca puternic destinul viitor, reprezentînd un impuls ce-i va orienta viața pe un nou făgaș, evoluînd de la condiția unui muzician modest la cea a unui astronom cu contribuții majore în știință.

Chiar de a doua zi va expedia o scrisoare la Londra, interesîndu-se de prețul unui telescop. Dar suma se dovedi prohibitivă pentru modestele sale mijloace de dirijor de orchestră sezonieră. Acesta a fost poate norocul lui. Căci, stimulat de ambiția de a vedea cerul mărit, se prinse singur în munca de construire a unui telescop cu oglindă metalică. După mai multe ratări, din mîinile lui a ieșit unul dintre cele mai puternice instrumente existente la ora aceea în lume. Pînă la sfîrșitul vieții, va construi cîteva sute de telescoape.

Totuși, privind lucrările în retrospectivă, adevărul este că însăși performanța aceasta ne demonstrează că informația lui Herschel despre optica astronomică era lacunară. Pentru că la acea vreme apăruseră deja primele *obiective acromatice*, fă-

cute de opticianul englez Dollond, după calculele matematicianului Klingenstierna ; în treacăt fie zis, unul dintre obiectivele lui Dollond va ajunge și în Transilvania, înzestrînd observatorul de la Alba Iulia. *Obiectivele acromatice* nu se mai realizează din lentile unice, ele capătă un grad de complexitate, fiind alcătuite prin lipirea a două sau mai multe lentile confecționate alternativ din flint și crown, varietăți vitroase, cu excelente calități optice, ale căror indici de refracție diferiți ca valoare le permiteau să-și compenseze reciproc defectele de dispersie în lumina albă.

Oricum, sfîrșitul de secol XVIII nu a cunoscut un climax al refractoarelor acromatice, dar a înregistrat un progres continuu al *telescoapelor din metal*. Dacă William Herschel nu ar fi existat, evoluția astronomiei ar fi fost alta ?

William Herschel construiește mai departe instrumente cu dimensiuni tot mai mari. Intrînd în posesia unui nou instrument, îl vindea pe cel vechi. Semnificativ este și faptul că găsea cumpărători în Anglia acelei vremi. De fapt, Herschel însuși începuse plecînd de la o circumstanță similară, cumpărînd un set de scule optice și de oglinzi pe jumătate făcute, de la un amator de astronomie al cărui entuziasm inițial se stinsese : industria și comerțul cu Indiile dăduseră naștere unei pături sociale avute, o burghezie tînără, dar suficient de sofisticată ca să manifeste și preocupări pentru știință.

Descoperirea planetei Uran, în 1781, îi va aduce lui William Herschel o imensă celebritate. Era prima planetă care se adăuga la lista celorlalte cinci cunoscute de om încă din antichitate. Vestea aceasta a fost suficient de răsunătoare și de prestigioasă pentru ca regele Angliei să-l numească pe Herschel al doilea astronom oficial al coroanei, excepțional act de favoare, determinat poate și de comunitatea originii lor hanovriene.

O planetă nouă cerea, pe lîngă un nume, și un simbol astral, la fel cum moșteniseră celelalte planete dintr-o tradiție antică. Pentru Uran a fost aleasă litera *H*, inițiala numelui Herschel, de care se fixează, ca un pandantiv, un cerculeț figurînd discul unei planete.

William Herschel a fost un observator al cerului deosebit de tenace și de norocos. În afara lui Uran, a mai descoperit patru noi sateliți din sistemul planetar al Soarelui, egalînd performanța lui Galileo Galilei ; a catalogat nebuloase și a mai găsit peste 800 de stele multiple, ce se adăugau la duzina de astre de felul acesta, știute pînă la el. Împins de dorința de a

vedea cerul sub unghiuri cît mai mari de observație, apetitul său pentru instrumente astronomice de excepție crește necontenit. Începe construcția unui mare *telescop cu oglindă metalică*, măsurînd diametrul de aproape un metru și jumătate. Performanțele acestuia, cînd avea să fie terminat, nu vor fi depășite timp de aproape o jumătate de secol ; cu acest instrument va continua apoi să lucreze fiul său, John Herschel, care i-a moștenit pasiunea pentru astronomie și bonomia.

Sistemul planetar al Soarelui este situat în prim-planul imaginii spațiale prin care ne figurăm universul, prin care îl abordăm, deoarece devenim conștienți de prezența obiectelor acestui univers, a astrelor, în primul rînd prin vedere (cu toate că la ora actuală s-au dezvoltat și sectoare ale astronomiei în infraroșu, ultraviolet, Roentgen sau gamma).

Firește, ne interesează în gradul cel mai înalt ordinul de mărime a distanțelor din acest prim-plan. De la Copernic încoace, oamenii știu că Pămîntul nu este nici cea mai îndepărtată, nici cea mai apropiată planetă de Soare. Prin mijlocirea legii lui Kepler, care leagă cubul semiaxelor orbitale de pătratele perioadelor de revoluție ale planetelor, poate fi exprimată distanța fiecărei planete pînă la Soare, folosind ca etalon natural pentru aceste lungimi din interiorul sistemului solar tocmai distanța medie Soare-Pămînt, așa-numita unitate astronomică (u.a.), egală cu aproximativ o sută cincizeci de milioane de kilometri.

În anul 1776, Johan Titius observase, analizînd cu atenție șirul de numere pe care-l formează distanțele planetare în ordinea depărtării de Soare, că ar exista o anumită legitate simplă, pe care aceste distanțe le respectă. Să luăm, de exemplu, cantitățile : 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192,..., unde fiecare număr a fost obținut printr-o dublare a numărului precedent din cadrul șirului (cu excepția lui zero) ; să adăugăm acum cifra 4 la fiecare termen al progresiei geometrice de mai sus ; se obțin numerele : 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196,... ; să împărțim acum cantitățile din ultimul șir la 10. Se va constata că se obțin, cu o foarte bună aproximație, distanțele planetelor față de Soare exprimate în unități astronomice : 0,4 pentru Mercur ; 0,7 pentru Venus ; 1 pentru Pămînt, cum era de așteptat 1,6 pentru planeta Marte. Apoi, un mare semn de întrebare (care mai persistă și astăzi) : s-a constatat că nu poate fi observat nici un astru în poziția corespunzînd la 2,8 unități astronomice față de Soare. În fine, valorii de 5,2 unități astronomice îi corespunde

poziția reală a lui Jupiter, iar cantității de 10 unități astronomice i se poate asocia orbita lui Saturn.

După ce William Herschel a descoperit cea de a șasea planetă, Uran, astronomul Johann Bode a constatat că depărtarea ei solară era foarte apropiată de numărul de 19,6 unități astronomice, prezis de șirul lui Titius ; odată cu publicarea acestei constatări, Bode a omis totuși să mai amintească numele descoperitorului relației empirice pentru distanțele planetare, apropriindu-și, pe nedrept, paternitatea acestei formule.

Însă observarea planetei Uran, exact la limita prezisă de relația Titius-Bode, a dat puternice temeiuri credinței că între Jupiter și Marte ar trebui să se mai găsească încă o planetă, la 2,8 unități astronomice. În consecință, tentativele astronomilor, amatori ori profesioniști, de a descoperi acest nou astru, s-au multiplicat.

Abia către ajunul Anului Nou 1801, astronomul italian Giuseppe Piazzi a decelat urma unui obiect ceresc, pe care s-a grăbit să-l și interpreteze drept mult căutata planetă dintre Marte și Jupiter. Acesta s-a dovedit, însă, a fi un corp mult prea mic în volum și masă pentru a putea fi denumit, cu bună îndreptățire, planetă. În curînd au mai fost descoperite și alte asemenea corpuri, supranumite asteroizi ori planetoizi, iar localizarea lor a fost ușurată de intervenția oportună a unui matematician, Friedrich Gauss ; acesta a dezvoltat proceduri ingenioase și sigure de observare și prelucrare a datelor, printre care metoda „celor mai mici pătrate", și a îndeplinit, cu creierul său, funcția unui computer puternic din zilele noastre pentru calculul orbitelor asteroizilor.

Cu toată descoperirea lui Uran și a celor dintîi asteroizi, sistemul solar a continuat să rămînă, chiar și în secolul XIX, în fruntea preocupărilor de observație ale astronomilor. Unii dintre ei, bazîndu-și speranțele și îndrăzneala pe telescoapele tot mai mari, pe care le aveau la dispoziție, au „trecut" totuși dincolo de sistemul solar.

Dacă sistemul planetar al Soarelui definește prim-planul imaginii universului văzut de pe Terra, ce s-ar înțelege în astronomie printr-un *plan secund* ? Fără îndoială că domeniul unde strălucesc „stelele fixe". În prima jumătate a secolului XIX, unul dintre astronomii ce au adus o contribuție de prim rang la prograsul localizării unor stele din apropierea Soarelui a fost Ross. El avea să-și construiască un telescop cu oglindă metalică

atît de mare, încît cei care l-au văzut l-au supranumit „Leviatanul", după numele monstrului din mitologia feniciană, care păzea grădina cunoașterii.

Cu toate că reflectorul astronomului amator Ross nu dădea performanțele proiectate, cu el s-au putut înregistra o serie de premiere astronomice absolute. În oglinda lui enormă s-a reușit să se discearnă pentru întîia oară faptul că acele pete alburii de lumină, nebuloasele cu poziții pe bolta cerească mai fixe chiar decît stelele fixe, au forme spiralate. Privind în magica lui strălucire, care îi transmitea imaginea unei profunzimi celeste necunoscute pînă atunci, Ross a schițat desenul zoomorf, de „crab", al unei nebuloase supranumită din acest motiv „Nebuloasa Crabului". Tot cu acest telescop, folosindu-se termocuplul inventat de germanul Seebeck, s-a putut pentru întîia oară măsura temperatura unei stele. Astfel fizica își făcea intrarea cu drepturi recunoscute în domeniul ocupat pînă atunci de astronomie. Se năștea una dintre cele dintîi științe de contact, *astrofizica*.

Totuși, în ciuda importantelor descoperiri pe care le-a facilitat, „Leviatanul" lui Ross era dovada unui fiasco al instrumentelor de acest tip. Așa cum am mai spus, telescopul era departe de a reprezenta o reușită perfectă, fiind capabil să dea o mărire numai de 2 000 de ori a unghiului sub care se vede porțiunea vizată de cer, în loc de 6 000, cum fusese proiectat. Teoretic, performanțele unei oglinzi de telescop trebuie să fie cu atît mai bune, cu cît forma oglinzii este mai aproape de cea parabolică. Însă obiectivele reflectoarelor vechilor maeștri, Herschel și Ross, erau din metal, material ce se dilată și se contractă termic cu mult peste limita maximă pînă la care precizia optică se mai păstra. În afară de asta, oricît ar fi fost de bine șlefuit, metalul liber al oglinzilor nu reușea să reflecte în mod satisfăcător lumina, dînd imagini mai palide decît cele date de lunete. Astfel că, pentru majoritatea astronomilor, telescoapele metalice au pierdut atunci din atractivitate, cu atît mai mult cu cît defectul de aberație cromatică al refractoarelor fusese lichidat aproape în întregime, în ciuda predicțiilor pesimiste, exprimate pe vremuri de Newton.

Asta dovedește că, în știință, aceeași problemă poate accepta uneori mai multe soluții. Al doilea răspuns la defectul de aberație cromatică era, așa cum am mai spus, *obiectivul acromatic*.

Calculele pentru razele și grosimile obiectivelor acromatice, făcute din perechi de lentile cimentate, erau foarte riguroase și strînse. Mulți matematicieni de geniu, precum Euler și Clairaut, se amuzaseră din cînd în cînd calculînd variante numeroase ale unor asemenea obiective, cu diverse curburi și aperturi. Iar, pe de altă parte, meșterii sticlari își perfecționaseră într-o asemenea măsură arta, încît reușeau să toarne blocuri mari de sticlă de o calitate optică excepțională. În sfîrșit, fuseseră puse la punct metode practice de șlefuire a lentilelor prin care se putea controla cu o mare precizie mersul lucrării.

Toate aceste circumstanțe permiteau, cel puțin în principiu, construirea unor obiective cu puteri optice mari, ce depășeau cu mult performanțele reflectoarelor cu oglindă metalică.

Totuși, pînă pe la 1800, diametrele celor mai mari obiective acromatice construite în lume abia dacă depășeau cu puțin zece centimetri. Explicația cea mai plauzibilă o constituie faptul că observația astronomică mergea pe calea pe care o antrenase William Herschel, omul ce dăduse, prin energia personalității sale, un puternic impuls folosirii telescoapelor cu oglinzi de metal ; în legătură cu acest fapt, ne mai putem întreba încă o dată dacă, în absența acestei personalități, istoria instrumentației astronomice nu ar fi parcurs o cale diferită. Sau poate că era vorba mai curînd de o problemă economică : între o *lunetă acromatică* și un *telescop cu oglindă metalică* de performanțe comparabile, modicitatea prețului era în favoarea vechiului telescop. Atîta vreme cît astronomia rămînea în sarcina tehnică și materială a unor entuziaști cu mintea largă, cugetul înalt, dar punga săracă, reflectorul metalic se dovedea a fi soluția optimă ca preț, performanțe, timp și efort de construcție. Va fi nevoie, mai departe, pentru dezvoltarea instrumentației astronomice, de subsidiile generoase ale unor mecenați, precum Lick, fostul negustor de zahăr din California, ori Yerkes, magnatul tramvaielor din Chicago (eroul trilogiei lui Theodor Dreiser, *Financiarul*).

Lăsînd pentru paginile unui alt capitol istorisirea acestor evenimente, să observăm doar că luneta astronomică se va impune numai printr-o perseverență umană ce o egalează pe aceea dovedită de Herschel. Ea venea din partea unor oameni cu geniu practic a căror inspirație inventivă le va crea un nume memorabil în istoria observatorilor cerului : Ei au fost germa-

nul Joseph von Fraunhofer, optician, fizician și astronom, și americanul Alvan Clark, mai exact familia de opticieni Alvan Clark, care va realiza, în a doua jumătate a secolului XIX, cele mai mari lunete construite vreodată, ale căror performanțe, în clasa lor, nu au fost întrecute nici pînă astăzi și probabil că nu vor fi depășite pînă la ascensiunea unei noi tehnologii, în spațiul extraterestru, fără gravitație.

Capitolul VI | CERUL SE LĂRGEȘTE

George Gamow, un fizician al veacului nostru, cu contribuții remarcabile și recunoscute în astrofizică, dar celebru mai ales din pricina operei de o viață de popularizare a noilor domenii ale științei, afirma că Tycho Brahe ar fi putut, cu instrumentația lui de tip „ochiul liber", să se încadreze în precizia necesară determinării distanțelor stelare, sau a paralaxelor trigonometrice, cum spun astronomii.

Tycho Brahe, ultimul „mag" al astronomiei cu ochiul liber, s-a născut la trei ani după moartea lui Copernic. În astronomia de poziție, Tycho Brahe a realizat cu niște instrumente de sorginte arhaică, date observaționale cu un grad de precizie nemaiatins pînă la el. Vestea despre bogăția instrumentală și neîntrecuta minuțiozitate a măsurătorilor lui Tycho Brahe se pare că ajunsese pînă la urmă și la urechile lui Simplicio, personajul mai puțin versat în dialectică al „Dialogului" galilean : „Auzisem vorbindu-se lucruri mari despre instrumentele lui Tycho, construite cu mari cheltuieli, și de grija lui deosebită pentru observații". Într-adevăr, în vremurile fericite ale acestuia, cînd stelele surîdeau binevoitor ochilor săi ce iscodeau deasupra unui nas din tablă de aur (căci pe cel adevărat îl pierduse, retezat într-un vîrtej al vieții medievale), Tycho Brahe s-a putut distinge în ochii contemporanilor săi prin lăudabila rîvnă de înzestrare instrumentală a observatorului astronomic de la Uraniborg, „Cetatea Cerului", un castel insular unde fusese uns ca stăpîn prin friabila grație a unui rege trecător.

Fără îndoială că Tycho Brahe a încercat să măsoare distanțele stelare, căile bătute de lumina venind pînă la noi de la alți sori, însă nu a reușit.

Metoda de măsurare a unei distanțe se reduce la aflarea unghiului sub care se vede o anumită lungime rectilinie, bine

nul Joseph von Fraunhofer, optician, fizician și astronom, și americanul Alvan Clark, mai exact familia de opticieni Alvan Clark, care va realiza, în a doua jumătate a secolului XIX, cele mai mari lunete construite vreodată, ale căror performanțe, în clasa lor, nu au fost întrecute nici pînă astăzi și probabil că nu vor fi depășite pînă la ascensiunea unei noi tehnologii, în spațiul extraterestru, fără gravitație.

Capitolul VI | CERUL SE LĂRGEȘTE

George Gamow, un fizician al veacului nostru, cu contribuții remarcabile și recunoscute în astrofizică, dar celebru mai ales din pricina operei de o viață de popularizare a noilor domenii ale științei, afirma că Tycho Brahe ar fi putut, cu instrumentația lui de tip „ochiul liber", să se încadreze în precizia necesară determinării distanțelor stelare, sau a paralaxelor trigonometrice, cum spun astronomii.

Tycho Brahe, ultimul „mag" al astronomiei cu ochiul liber, s-a născut la trei ani după moartea lui Copernic. În astronomia de poziție, Tycho Brahe a realizat cu niște instrumente de sorginte arhaică, date observaționale cu un grad de precizie nemaiatins pînă la el. Vestea despre bogăția instrumentală și neîntrecuta minuțiozitate a măsurătorilor lui Tycho Brahe se pare că ajunsese pînă la urmă și la urechile lui Simplicio, personajul mai puțin versat în dialectică al „Dialogului" galilean : „Auzisem vorbindu-se lucruri mari despre instrumentele lui Tycho, construite cu mari cheltuieli, și de grija lui deosebită pentru observații". Într-adevăr, în vremurile fericite ale acestuia, cînd stelele surîdeau binevoitor ochilor săi ce iscodeau deasupra unui nas din tablă de aur (căci pe cel adevărat îl pierduse, retezat într-un vîrtej al vieții medievale), Tycho Brahe s-a putut distinge în ochii contemporanilor săi prin lăudabila rîvnă de înzestrare instrumentală a observatorului astronomic de la Uraniborg, „Cetatea Cerului", un castel insular unde fusese uns ca stăpîn prin friabila grație a unui rege trecător.

Fără îndoială că Tycho Brahe a încercat să măsoare distanțele stelare, căile bătute de lumina venind pînă la noi de la alți sori, însă nu a reușit.

Metoda de măsurare a unei distanțe se reduce la aflarea unghiului sub care se vede o anumită lungime rectilinie, bine

cunoscută din determinări anterioare. Pentru depărtările stelare, un asemenea segment liniar este chiar distanța Soare-Pămînt. Unghiul sub care se vede dintr-un punct oarecare în spațiu această distanță poartă numele de *paralaxă*.

Măsurarea *paralaxei unei stele* nu înseamnă, firește, plasarea unui observator pe suprafața ei. Metodologiile indirecte, ca în atîtea alte cazuri în știință, își spun cuvîntul și aici. Se vor face pur și simplu, de pe Pămînt, la interval de șase luni, două observații asupra aceleiași stele. Se măsoară de fiecare dată unghiul dintre direcția razei de lumină și direcția Soare-Pămînt Atunci, dublul paralaxei se va obține scăzînd din suma undin momentul observației respective, de pildă α_1 și α_2 (fig. 16).

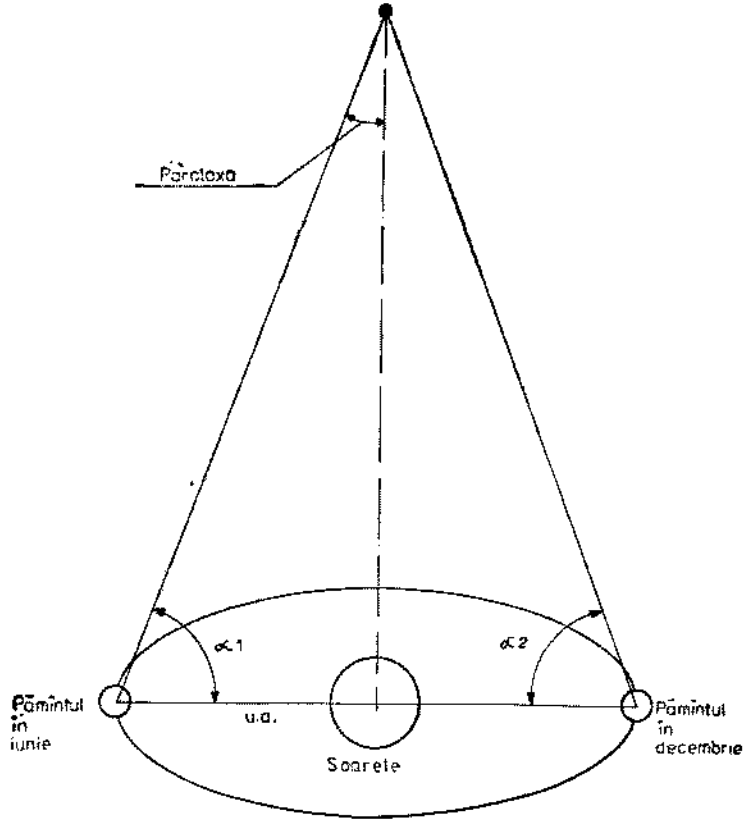


Fig. 16 Măsurarea *paralaxei* unei stele.

ghiurilor unui triunghi, 180°, cele două unghiuri aflate din determinări la o jumătate de an interval.

Totuși, determinarea *paralaxei trigonometrice a unui astru* e o problemă ce pretinde mijloace tehnice de măsurare a unghiurilor infinit mai subtile decît cele din goniometria terestră tradițională, deoarece pentru toate stelele, fără nici o excepție, valoarea paralaxei este mai mică decît o secundă de arc. Deși a încercat, Tycho Brahe nu a reușit să determine paralaxe trigonometrice pentru stele, nu doar dintr-o nefericită alegere a acestora, cum spune Gamow, ci pur și simplu din motive tehnice : eroarea absolută de măsurare a unghiurilor cu instrumentele sale era de un minut de arc, adică de o sută de ori mai mare decît unghiul pe care ar fi trebuit să-l măsoare. Se știe acum că tocmai persistența imposibilității tehnice de a măsura astfel de unghiuri extrem de mici a fost cauza principală, argumentul empiric cel mai tare împotriva ideii Pămîntului mobil.

Deplasările paralactice ale stelelor „fixe" au putut fi stabilite ca fenomen fizic și astronomic indubitabil, pentru că deveniseră observabile prin noile instrumente, în general lunete perfecționate, într-o perioadă de efervescență culturală, tehnică și socială, în care înflorise interesul general uman pentru inventia industrială, teoria științifică și utopia socială. Era o epocă în care se putea auzi, acompaniat de suflul victorios al mașinii cu aburi, un cor universal de „Evrika !" Se enunțau legi noi, experimentale și teoretice, în tehnică și în aproape toate ramurile științelor pozitive. Electricitatea și magnetismul se uneau, transformările energiei începeau să fie privite din punctul de vedere al echivalenței și sensului posibil, era descoperită celula vie și, ca un corolar, erau tot mai gustate anecdotele cu savantul distrat (al cărui arhetip se pare că a fost Ampère).

În jurul anilor 1838—1840, trei astronomi, lucrînd în trei locuri diferite pe glob, au reușit să măsoare primele paralaxe stelare pentru astrele *Lebăda 61, Vega* (sau *Alfa Lirae)* și *Proxima Centauri*.

Proxima Centauri este un astru deosebit de interesant. Ea este cea mai apropiată stea de sistemul solar, aflată la numai 4,3 ani-lumină. În epoca noastră este răspîndit un sentiment de familiarizare cu distanțele astronomice, mai ales cînd ele sînt exprimate în această unitate de măsură încărcată de reverberații poetice, *anul-lumină*. Totuși, pentru lungimile interstelare, astronomii profesioniști preferă să folosească o altă uni-

tate, cu conținut operațional nemijlocit : *parsecul*. Este un cuvînt hibrid, contras din expresia „paralaxa de o secundă", fiind distanța pînă la un punct de unde raza de la Soare la Pămînt e văzută sub unghiul infim de o secundă de arc ; un *parsec* (pc) este egal cu 3,2 ani-lumină.

Măsurarea paralaxei unei singure stele este un proces anevoios. E mult mai simplu să se facă măsurători de paralaxe pentru cîteva stele simultan. Se fotografiază un sector de cer acum, apoi din nou peste o jumătate de an, cu un instrument numit *astrograf*. La suprapunerea celor două poze se constată că un număr mare de stele ocupă poziții identice. Numai imaginile lăsate de un procent redus de astre vor fi deplasate cu arce mici, corespunzînd deplasărilor paralactice. Întrucît cauza deviației lor se ascunde în mișcarea circumsolară a Pămîntului, știind valorile arcelor și diametrul orbitei terestre, astronomul află distanțele pînă la stele.

Însă metoda paralaxelor trigonometrice este o armă ce nu bate prea departe. Nici măcar unele dintre cele mai strălucitoare stele de pe cerul nordic, Betelgeuze și Bellatrix din umerii fastuosului *Orion*, nu pătrund în limitele accesibile măsurătorilor de paralaxe trigonometrice. Abia procedurile astronomice, puse la punct înainte de izbucnirea primului război mondial, s-au instituit în mijloace indirecte pentru determinarea distanțelor stelare de ordinul miilor de ani-lumină.

Trebuie să insistăm asupra faptului că măsurători de acest fel nu conduc doar la un simplu catalog de coordonate, nu au doar semnificația geometrică simplă a unei imagini, analoagă pînă la un punct cu ordinea instituită într-o pictură unde obiectele sînt aranjate printr-o savantă dispunere a planurilor. În acel caz concret, pictorul are aproape totdeauna posibilitatea de a coborî în peisajul real și de a măsura distanțele cu pașii, cu alte cuvinte îi rămîne mereu alternativa nesolipsistă și imediată de a-și confrunta nemijlocit opera, sau cel puțin geometria pe care o promovează aceasta, cu structura realului.

Pentru astronom, mai ales pentru cel ce studiază obiecte aflate dincolo de planul sistemului solar, posibilitatea verificării nemijlocite lipsește. Tabloul pe care-l propune trebuie să fie luat drept realitate astronomică, cel puțin pînă la următoarea îmbunătățire a instrumentației ori a metodologiei.

Pictarea tabloului astronomic e dependentă de cunoașterea proprietăților obiectelor cerești, iar dobîndirea cunoștințelor despre aceste proprietăți e tributară gradului de stăpînire a

scării distanțelor. Pare un fel de cerc vicios. El se evită în realitate prin metodologiile încrucișate de care face uz astronomul.

La fel ca și artistul penelului, astronomul este deosebit de atent la lumină. Sau, în termeni astrofizici, la luminozitățile stelelor. Luminozitatea stelelor se confundă cu strălucirea acestora, într-o primă abordare a noțiunii.

Încă din antichitatea clasică, prin geniul de ordine al lui Hipparc din Nicaea, stelele vizibile cu ochiul liber au fost grupate în șase clase de strălucire. Hipparc dezvoltase ideea aceasta, fiind pus în fața problemei de a găsi un criteriu oarecum intrinsec de clasificare pentru stelele din marele catalog pe care-l alcătuise.

Dacă stelele de prima mărime sînt socotite, într-o firească înșiruire a lucrurilor, ca fiind cele mai strălucitoare, atunci astrelor de la limita puterii de vedere a ochiului uman li s-a asociat magnitudinea șase.

Stelele de magnitudinea unu nu sînt prea multe pe firmament și din cauză aceasta ele pot fi ușor numărate. Este interesant că se observă cam de trei ori mai multe stele de magnitudinea doi decît cele de prima mărime, și tot la fel, de vreo trei ori mai multe stele de magnitudine trei decît de magnitudine doi.

Magnitudinea a patra e considerată în general ca o limită onorabilă a acuității văzului persoanelor mature. Chiar lîngă Mizar (acesta fiind al doilea astru strălucitor din oiștea *Carului Mare*) se zărește o steluță din cea de a patra mărime („Căruțașul") ; în antichitate și Evul Mediu, observarea ei servea drept criteriu simplu și rapid pentru verificarea vederii navigatorilor.

După introducerea lunetei în practica observațiilor astronomice, numărul astrelor ce puteau fi văzute pe cer s-a mărit enorm, ivindu-se necesitatea de a face și în cazul acestor astre, care oricum depășesc magnitudinea șase, o clasificare *după strălucire*.

Totuși, abia odată cu folosirea fotografiei astronomice, în secolul XIX, s-a impus un criteriu științific de ordonare a stelelor după magnitudini aparente. El trebuia, pe de o parte, să se racordeze, dintr-un fel de spirit de pietate față de tradiția astronomică antică, la seria celor șase magnitudini stelare moștenite de la greci. Pe de altă parte, sistematizarea trebuia să țină seama de cele mai recente progrese din fiziologia vederii.

Căci strălucirile astrelor reprezintă din punct de vedere fiziologic niște simple percepții luminoase. Dar la vremea aceea se știa deja că intensitatea oricărei percepții, de orice natură, trebuie să fie direct proporțională cu logaritmul stimulului fizic care o produce (din aceeași cauză, potențiometrul care controlează volumul sunetului la un aparat de radio este de tip logaritmic).

Chiar dacă astrele de magnitudini superioare lui șase sînt prea slabe pentru a putea fi văzute cu ochiul liber, lumina lor influențează un strat de emulsie depus pe o placă fotografică. Expunerea, ori cantitatea de energie radiantă ce cade pe unitatea de arie a plăcii, este egală cu produsul dintre timpul de expunere și o mărime care s-a convenit să fie tratată ca un stimul fizic : este densitatea fluxului energetic luminos, cu alte cuvinte acea infimă fracțiune de miliwat ce cade perpendicular pe un centimetru pătrat. Dacă se adoptă timpi de expunere standard în toate observatoarele astronomice, gradul de înnegrire a emulsiei fotografice va fi direct proporțional cu stimulul fizic. Deoarece stimulul este foarte slab (are o valoare subunitară), logaritmul său va fi negativ, și din acest motiv formula trebuie să capete un semn *minus* în față, care să compenseze *minusul* logaritmilor.

Totuși, pentru astre strălucitoare și apropiate, *minusul* din fața formulei nu va mai fi compensat și așa se face că Sirius, de pildă, capătă magnitudinea —1,37, iar Luna și Soarele vor avea de asemenea magnitudini aparent negative, de —12,7 și, respectiv, —26,8.

Din păcate, clasificarea astrelor după mărimile lor aparente nu ne spune nimic despre luminozitățile lor absolute. De exemplu, două astre de aceeași magnitudine aparentă pot fi în realitate stele extrem de diferite : una mică, dar apropiată de Soare, iar alta mare, dar mult mai îndepărtată de acesta.

Bineînțeles, cunoașterea magnitudinilor aparente este o etapă extraordinar de utilă în astronomia stelară. Dar, pentru a putea întreprinde comparații nehazardate între luminozitățile lor absolute, ar trebui ca toate astrele să fie raportate, în mod fictiv, la aceeași distanță. Această depărtare standard din astronomie este egală cu zece *parseci*, adică 32,6 ani-lumină. Magnitudinea convențională a unei stele, raportată la această distanță, se va numi *magnitudine absolută*.

Dacă Soarele nostru ar fi deplasat, într-un joc al imaginației, la zece *parseci* distanță de Pămînt, mulți oameni nu ar fi

în stare să-l mai vadă, deoarece el ar căpăta aparența modestă a unei steluțe de magnitudine absolută cinci. Dimpotrivă, cîteva dintre stelele mediocre, pe care abia le zărim acum pe cer, ar deveni, în scara magnitudinilor absolute, cu 14 pînă la 15 ordine de mărime mai strălucitoare decît Soarele. Aceasta înseamnă că energia emisă de ele poate depăși de un milion de ori pe cea emanată efectiv de Soare. Discrepanța e cu atît mai surprinzătoare, cu cît deosebirile dintre masele lor sînt ceva mai puțin marcante.

Raportarea strălucirii astrelor la distanța standard e o operație relativ ușor de îndeplinit pentru stelele la care se cunosc paralaxele trigonometrice și, implicit, depărtările pînă la Soare.

Abstracție făcînd de fenomenul *absorbției luminii* la traversarea mediului interstelar, energia transportată de undele luminoase, ce pleacă de la o stea, va fi aceeași la orice distanță de stea. Adică toate suprafețele sferice cu centrul în astru vor fi traversate de aceeași cantitate de energie luminoasă în unitatea de timp. Energia în unitatea de timp poate fi exprimată, însă, ca un produs dintre aria sferei și densitatea fluxului energetic pe sferă. Măsurînd magnitudinea aparentă și cunoscînd paralaxa trigonometrică, putem afla și magnitudinea absolută la zece *parseci*.

Într-o sferă cu raza de cinci *parseci* în jurul Soarelui se găsește o singură stea cu magnitudine absolută negativă.

Majoritatea magnitudinilor absolute sînt în jurul valorii +10, fapt ce constituie mărturia unor stele mici, chiar mai mici decît Soarele. Totuși, o extindere a cercetării și la distanțe mai mari va pune în evidență prezența unor astre, puține la număr, însă cu mult mai mari decît Soarele nostru.

Cît de departe se poate avansa în cosmos folosind metoda paralaxelor trigonometrice ? În ciuda tuturor perfecționărilor aduse aparaturii de măsurare a unghiurilor, nu s-au putut atinge distanțe mai mari de 300 de ani-lumină de la Soare. În felul acesta au putut fi determinate pozițiile unui număr de circa zece mii de stele. Aceste astre, de o varietate destul de largă, constituie cadrul și spațiul de etalonare pentru dezvoltarea altor metode, din categoria celor indirecte, de măsurare a distanțelor cerești. Una dintre aceste metode este descrisă în capitolul următor.

Totuși, chiar dacă progresul în studiile de distanțe stelare înseamnă găsirea de proceduri, indirecte și ingenioase, prin care pot fi evaluate distanțe din ce în ce mai mari, cunoașterea

exactă a depărtărilor mici, deci a pozițiilor stelelor din vecinătatea astronomică a Soarelui, prezintă o importanță deosebită în perspectiva dezvoltării unei astronautici care își va impune, într-un viitor poate nu imediat tangibil, planuri de zbor către stele. Planuri cu marșrute specifice pînă în cele mai mici detalii, pentru că proiecte nebuloase de zboruri stelare există deja. Unul dintre oamenii de știință cu asemenea preocupări este Stephen Dole, un cercetător de la Rand Corporation din Santa Monica, California. Rand Corporation este un fel de „fabrică de gîndire" („think tank"), care produce rapoarte despre diverse probleme nebuloase ale viitorului, la care prognoza tehnologică și științifică încearcă să găsească niște răspunsuri. *Rand* este acronimul de la *Research and development* (cercetare și dezvoltare). Prima prognoză legată de explorarea spațiului cosmic, pe care a făcut-o *Rand*, datează din 1946 ; studiul lui Rand Corporation indicase mijlocul anului 1957 ca dată cînd va fi lansat primul satelit artificial al Pămîntului, iar verificarea acestei prognoze a acreditat în mod automat rapoartele acestui institut. Să mai amintim că tot cercetătorii științifici de la *Rand* au elaborat și au pus la punct tehnica de prognoză cunoscută sub numele de *metoda Delfi*. Revenind la studiul lui Stephen Dole, să începem prin a spune că el a analizat datele aflate în posesia științei actuale despre cîteva zeci de stele aflate într-o sferă cu raza de 22 ani-lumină, centrată în Soare, găsind că un număr de 14 stele aflate aici prezintă un interes deosebit pentru om. Ele sînt situate în constelațiile : *Centaurul, Eridan, Balena, Ophiucus, Cassiopeia, Dragonul, Păunul, Săgetătorul* și *Hidra*. Este semnificativ că prima stea care figurează pe această listă este *Proxima Centauri*, denumire sub care se ascunde de fapt un sistem stelar triplu. Cel mai mare astru din acest sistem, *Alfa Centauri A*, pare o stea soră cu Soarele ; valoarea masei sale e numai cu opt procente superioară masei solare.

O altă stea similară cu Soarele, spre care se îndreaptă atenția viitorologilor interesați de progresele astronauticii secolelor care vor veni, este *Tau Ceti*. Spre deosebire de sistemul Alfa Centauri, astrul *Tau Ceti*, locul nu întru totul imaginar în care se petrece acțiunea atîtor povestiri științifico-fantastice, este o stea izolată, prin aceasta, și prin culoare, semănînd și mai mult cu Soarele. Există mai multe rezultate, ușor divergente, în ceea ce privește evaluarea magnitudinii absolute și, deci, a distanței lui *Tau Ceti*. Magnitudinea ei aparentă este

egală cu +3,65, fiind o stea vizibilă, dar cu o strălucire destul de modestă. Însă magnitudinea ei absolută „oscilează" în jurul valorii +6, în funcție de autorul care a făcut determinările de distanță ; astfel, aceasta este considerată ca avînd valoarea de 11,2 ani-lumină sau de 11,8 ani-lumină, în fine de 12,2 ani-lumină. Cu aceste determinări pot fi întreprinse raționamente plauzibile asupra masei lui *Tau Ceti*. Astrul se dovedește a fi cu aproximativ o cincime mai ușor decît Soarele.

Încă un corp ceresc de felul Soarelui nostru, de fapt mai asemănător cu steaua pe care am descris-o în rîndurile anterioare, este *Sigma Dragonul*. Acest astru aparține cerului emisferei nordice și are o magnitudine aparentă care îl plasează în cea de a cincea clasă spectrală (+4,72). Distanța de 18,2 ani-lumină face din *Sigma Dragonul* o țintă greu de atins în prima etapă a astronauticii siderale.

Stelele descrise în rîndurile de mai sus, precum și altele, vor fi oare posibile puncte de atracție pentru un turism cosmic dezvoltat peste cinci secole, așa cum susține viitorologul Herman Kahn ?

Dacă încercăm să ne formăm o părere în legătură cu eșalonarea realizărilor umane pe scara timpului, să ne amintim că în urmă cu cinci secole America de Nord și de Sud, Australia și Antarctida încă nu fuseseră descoperite, cu toate că figurau în unele vise fantastice ale geografilor de cabinet, deduse mai mult din considerații difuze, dintr-o imaginație al cărei suport euristic îl constituiau niște propoziții (proto)fizice, ori mai curînd metafizice, despre echilibru. Totuși, aceste lumi noi au fost descoperite, în ciuda precarității, a profundei inconsistențe logice dinlăuntrul acelor propoziții. Peste alte cinci secole vor fi descoperite alte noi lumi ? Oricum, noi știm despre ele, despre aceste astre îndepărtate, prin intermediul instrumentelor astronomice, mult mai multe lucruri decît știau cărturarii Europei dinaintea epocii marilor descoperiri geografice, despre noile pămînturi. Din această cauză sîntem îndreptățiți să considerăm că aceste măsurători de distanțe intersiderale, inițiate în jurul anului 1840, trasează abia primele linii pe viitoarele portulane ale spațiului. Ne place să credem că va veni o „epocă a marilor descoperiri cosmografice", cînd aceste hărți cosmice vor fi utilizate de oameni în călătoriile lor către stele.

Capitolul VII | LUMINĂ ŞI CULOARE ÎN UNIVERS

Pentru o persoană cu vederea normală, spectacolul cerului înstelat, deşi tulburător în sine, nu pare să fie sursa unei comparaţii cu o paletă picturală, ci mai degrabă a unei imagini în alb-negru ; lumina pîlpîitoare a stelelor pare să aibă o universală nuanţă alb-argintie, detaşabilă cu uşurinţă pe fundalul de un negru întunecat al bolţii cereşti. Numai la o examinare mai atentă, şi dacă are vederea foarte bună, privitorul va putea distinge tonalităţi diferite în strălucirea acestor puncte, care la prima impresie par de un alb-nedefinit. Unele stele îi vor părea roşietice, altele albăstrui, dar totuşi îi va fi greu să spună cu precizie dacă aceasta este o iluzie optică sau nu.

O serie de particularităţi fiziologice ale vederii culorilor îl vor împiedica să distingă bogăţia de curcubeu în luminile celeste : în general omul este neputincios, ori tinde să se automistifice atunci cînd priveşte surse foarte mici de lumină colorată. La limită, în cazul astrelor, care sînt nişte izvoare punctuale sau cel puţin aşa par la o inspectare cu ochiul liber, ochiului omului îi va fi destul de greu, ori aproape imposibil, să facă o deosebire a culorilor. Totuşi, stelele sînt colorate. Să luăm ca exemple cele trei magnifice astre care delimitează şi definesc vîrfurile *„triunghiului de iarnă : Sirius*, ori steaua *Alfa Canis Major*, ne dezvăluie o frumoasă culoare albă-albăstruie ; cu acest prilej să amintim şi faptul deconcertant că astronomii şi cărturarii antichităţii o descriau ca pe o stea roşie. *Procyon*, ori *Alfa Canis Minor*, vîrful de „sus" al triunghiului, iradiază lumină într-o tonalitate galbenă, un galben deschis, intens. Amîndouă se află într-o vecinătate relativă cu Soarele. În fine, a treia componentă a tripticului, *Betelgeuze*, are strălucirea unui mic disc de aramă proaspăt şlefuit.

Pentru că le lipseau noţiuni ca *temperatura* şi *radiaţia*, astronomii antichităţii nu acordau prea multă atenţie culorii stelelor.

In astronomia epocii moderne, însă, *culoarea* joacă un rol deosebit de important. Studiile efectuate asupra acestei variabile fizice şi astronomice, cît şi asupra luminozităţii, au permis elaborarea unei clasificări evolutive a stelelor, precum şi inventarea unei noi proceduri ce permite aflarea distanţelor pentru astre îndepărtate, inaccesibile metodei directe a paralaxelor trigonometrice.

Un plus de precizie în definirea culorilor l-a adus *analiza spectrală* a luminii astrelor. Această procedură de cercetare a trebuit să urmărească dezvoltarea puterii optice a mijloacelor de „apropiat stelele" — telescoapele —, aplicînd razelor siderale un tratament în esenţă cunoscut încă de pe vremea lui Newton ori chiar mai dinainte, după cum relevă unele aspecte mai puţin notorii din istoria fizicii. Printr-o prismă, fascicolul de lumină tinde să se separe în culorile componente, fenomen cunoscut sub denumirea de *dispersie a luminii*.

Totuşi, abia începînd cu Joseph von Fraunhofer se poate vorbi despre o cercetare îngrijită în direcţia care avea să ducă la descoperirea *astrospectroscopiei*. Şi nu întîmplător, Fraunhofer a fost unul dintre cei mai remarcabili constructori de lunete astronomice, obişnuit dintr-o timpurie ucenicie să lucreze cu lentile, dioptri şi prisme transparente. Nu se poate spune că oamenii de dinaintea lui, care au putut observa fenomenul de *dispersie*, au fost cu totul nefavorizaţi de şansa descoperirii principiilor analizei spectrale. De pildă, într-o gravură datînd de pe la mijlocul secolului XVIII, în care este înfăţişată o experienţă de descompunere a luminii solare trecînd printr-o prismă, pot fi văzute linii transversale întunecate împrăştiate neuniform, dar corect, pe fondul spectrului ; însă artistul nu a realizat probabil niciodată circumstanţa că surprinsese un fenomen fizic şi astronomic inedit. Chiar şi mai tîrziu, pe la începutul secolului XIX, englezul Wollaston, care descrie şase sau şapte linii transversale în banda curcubeului solar obţinut cu o prismă, le-a considerat, în mod eronat, drept frontiere între culori, demarcînd roşul, portocaliul, galbenul, verdele, albastrul, indigoul şi violetul din compoziţia luminii albe.

Spre deosebire de toţi cei care l-au precedat în asemenea observaţii, Joseph von Fraunhofer nu va lăsa să-i scape oportunitatea semnalării, investigării şi descrierii acestui fenomen. El nu se va mulţumi cu mănunchiul restrîns de linii pe care le numărase Wollaston, ce părea să se fi conformat străvechii reguli mnemonice a „celor şapte lucruri". Numărul total de

liniile reperate de Fraunhofer în spectrul solar a urcat vertiginos. De atunci, aceste detalii transversale din spectrul Soarelui sînt cunoscute ca „linii ale lui Fraunhofer".

Succesele de observație ale lui Fraunhofer au următoarea explicație simplă : folosirea unui spectrograf conceput de el, în care erau prezente pentru întîia oară elementele constitutive ale unei scheme moderne — fanta, colimatorul, prisma și tubul ocularului. În fine, pe lîngă aspectele instrumentale noi, pe care le-a introdus fizicianul german, trebuie să subliniem saltul metodic pe care l-a provocat atunci cînd a extins studiul spectrelor și asupra unor surse luminoase aflate nemijlocit în laborator, deci într-un loc unde se foloseau substanțe controlabile, cît și asupra altor stele decît Soarele. Aceasta avea să fie o apropiere între astre și fizică, din care se va naște *astrofizica*, ale cărei noțiuni vor avea o influență incalculabilă asupra reprezentărilor noastre despre univers.

Din șirul contribuțiilor notabile aduse de Fraunhofer în știință mai amintim și identificarea liniei întunecate din zona culorii galbene a spectrului solar cu poziția ocupată de linia galbenă luminoasă din spectrul unei flăcări. Mai tîrziu, Kirchhoff a explicat această coincidență pe baza presupunerii că flacăra (ce conține atomi de sodiu) poate absorbi numai lumina galbenă cu aceeași lungime de undă pe care o poate emite. Kirchhoff și Bunsen au desăvîrșit procesul așezării spectrelor pe baze experimentale. *Spectroscopia* în varianta sa celestă, *astrospectroscopia*, a permis aflarea compoziției chimice a astrelor cu incandescență proprie.

Astrospectroscopia pleacă de la faptul fundamental că, la majoritatea stelelor, pe fondul unui spectru luminos continuu se văd linii întunecate de absorbție ; aceste linii din spectrele stelelor se prezintă într-o largă diversitate, însă actul de înțelegere este facil, el implicînd simpla comparație cu spectrele diverselor elemente înregistrate în laborator.

Este interesant că atunci cînd vorbește despre aceste elemente, jargonul specializat al astrofizicianului se dovedește a fi ceva mai sărac decît limbajul chimistului. El împarte pur și simplu toate elementele în două clase : *metale* și *gaze*. Astfel, fierul și cromul sînt metale — aici nu-i nici o neconcordanță cu terminologia domeniului științific adiacent. Dar, contrar opiniei chimistului, din punctul de vedere al astrofizicianului și carbonul ori siliciul sînt incluse în clasa metalelor...

Încă de la primele studii de spectroscopie siderală s-a putut face asocierea între stele de anumite culori și prezența preferențială a anumitor elemente chimice. Astfel, în stelele albe părea să predomine hidrogenul, în cele albastre heliul ș.a.m.d. În zorii studiilor de astrospectroscopie, primii astrofizicieni s-au gîndit foarte serios la posibilitatea ca stelele să fie un fel de *rezervoare specifice* de elemente chimice. În virtutea acestei presupuneri timpurii, s-ar fi putut vorbi despre stele de hidrogen, stele de heliu, stele de calciu etc. Conjectura, deși, atrăgătoare, era totuși greșită. Însă eroarea nu avea să fie descoperită imediat.

Abia dezvoltările fizicii atomice și ale termodinamicii plasmei au dus la elucidarea acestui punct enigmatic din fizica stelelor. Un rol esențial în această direcție l-au jucat studiile cercetătorului indian Saha, care a arătat în esență că numai temperatura stelelor contează în determinarea culorii lor. Ne putem întreba ce legătură cauzală nemijlocită există între temperatură și culoare, între temperatura suprafeței astrului și lungimea de undă a radiației emise. Prima idee este aceea că, pe măsura creșterii temperaturii, maximul energiei emise se îndepărtează către frecvențe tot mai mari din spectrul vizibil. De pildă, pentru Soare, temperatura suprafeței este de circa șase mii de grade Celsius, iar lungimea de undă din dreptul vîrfului de putere emisă corespunde aproximativ culorii galben-verzui. Dar această idee nu acoperă întreaga problemă. Restul poate fi lămurit în termenii unei teorii cuantice naive.

În atomii sau ionii unui element, electronii sînt dispuși într-un eșafodaj centrat pe nucleul pozitiv, într-o structură dinamică, pentru că nici un fel de structură fixă, statică, de sarcini electrice nu are proprietatea de a fi stabilă. Un principiu descoperit de Pauli împiedică îngrămădirea acestor electroni ; ei trebuie să ocupe poziții etajate, în care energiile cresc de jos în sus, rămînînd negative atîta vreme cît se poate spune despre un electron că aparține acelui atom. Existența unor nivele energetice determinate ale atomilor excitați dintr-un element ori altul este o consecință directă a cuantificării energiei. În fenomenele de luminescență nu ne interesează decît ultimul electron, cel mai de „sus" din tot eșafodajul ; acesta este așa-numitul electron „optic" sau electron „de valență". Fenomenul absorbției unui foton de lumină de către atom e văzut în termeni cuantici ca o bruscă ascensiune a electronului optic de pe nivelul său inițial, pe altul excitat. Invers, emisia unui foton de lumină trebuie imaginată ca o consecință a căderii electro-

nului de pe un nivel excitat înapoi pe unul fundamental, în care electronul ar putea rămîne un timp indefinit de lung.

Dacă temperatura atmosferei stelei e scăzută, aproape toți atomii elementelor constituente se află în starea energetică fundamentală. Fotonii emiși de către suprafața nu prea fierbinte a astrului învelit cu atmosferă o vor străpunge în întregime fără a fi absorbiți, întrucît energia pe care o transportă e mai mică decît distanța dintre nivelul fundamental și cel excitat din atom. Din acest motiv, la stelele relativ reci, nu vor fi observate liniile întunecate caracteristice.

Suprafața unui astru fierbinte va emite, însă, fotoni ale căror energii sînt suficient de mari pentru ca să provoace excitarea atomilor atmosferei. Absorbția fotonilor optici este un fenomen căruia îi corespunde apariția unei linii transversale întunecate în spectrul captat de un observator terestru. La o creștere necontenită a temperaturii, electronii în ascensiunea lor dobîndesc energii tot mai mari, dar ele rămîn negative ca semn, atîta vreme cît electronii rămîn legați în atomi. Dar orice acumulare cantitativă (manifestată în cazul de care ne ocupăm ca o creștere a temperaturii) duce inevitabil la schimbări calitative ale condiției electronilor. Iată că vine și un timp, mai corect spus o temperatură, cînd electronii ating limita dintre energiile negative la care ei se mai prezintă încă drept constituenți ai atomilor și energiilor pozitive la care ei se eliberează, iar atomii se transformă în ioni pozitivi. Dar pierderea electronilor optici prin ionizare înseamnă totodată dispariția cauzei de absorbție a fotonilor. Radiațiile suprafeței stelei nu vor mai putea fi reținute de acești ioni din atmosfera plasmatică a astrului. Se va observa, ca efect global, slăbirea în intensitate, mai exact spus în întunecime, a liniilor spectrale de absorbție.

În felul acesta a fost sugerat un mecanism prin care temperatura stelei poate să fie aflată în funcție de intensitatea liniilor spectrale de absorbție ale diferitelor elemente.

La stelele albe, numite *stele de hidrogen* într-o clasificare spectrală primitivă, temperatura stelei este de ordinul lui 10 000 de kelvini (grade Kelvin), valoare mai mult decît suficientă pentru a se putea realiza absorbția fotonilor luminii vizibile de către hidrogen, dar nu îndeajuns ca să expedieze electronii din atomii de heliu la acele nivele energetice înalte de la care ei ar putea absorbi fotoni.

Stelele albastre, impropriu numite „de heliu", înregistrează temperaturi de aproape 30 000 de kelvini la suprafață. Un număr mare de atomi de heliu vor fi excitați, ceea ce va avea ca

manifestare directă în spectru apariția liniilor de absorbție caracteristice heliului. În ceea ce privește liniile hidrogenului, ele dispar în cele din urmă, deși elementul este totuși prezent. Asta se explică prin faptul că elementul se ionizează puternic și electronul lui, singurul pe care îl are și care este totodată și electron optic, îl părăsește, trecînd în stări cu energii pozitive. Deci numărul de electroni disponibili pentru efectuarea tranzițiilor pe nivele energetice superioare scade gradat. Efectul observat de astronomul pămîntean va fi o slăbire a intensității liniilor de absorbție a hidrogenului, pînă la dispariția lor completă la 50 000 de kelvini.

Admițînd compoziția chimică a stelelor practic identică, teoria liniilor de absorbție vine să explice variația formei spectrului de la stelele reci la cele fierbinți, fără a face apel la ipoteza stelelor ca rezervoare pentru anumite elemente.

După ce astronomii au investigat o mulțime largă și variată de stele cu scopul determinării temperaturii și culorii lor, ei au făcut o clasificare a lor în clase spectrale ori clase de culoare.

Precizîndu-se importanța temperaturii, înțelegem pentru ce valoarea acestui parametru a fost luată ca factor ordonator în introducerea claselor spectrale. Clasa spectrală O cuprinde stelele cele mai fierbinți ; urmează apoi clasele B, A, F, cu stele a căror nuanță de alb și albastru se îngălbenește treptat ; urmează clasa spectrală G, cuprinzînd stele ca Soarele nostru ori Tau Ceti, una dintre stelele investigate sub raportul posibilei existențe a unei vieți raționale. În fine, clasele K și M, cuprinzînd stele ca portocala, ca mandarina, apoi stele roșcate și vișinii, de dimensiuni mici.

În afară de *culoare*, astrele au fost ordonate și sub raportul *luminozităților absolute*, folosindu-se ca termen de comparație luminozitatea Soarelui nostru. Din clasele I, II și III fac parte *supragigantele* și *gigantele*, cum ar fi Betelgeuze despre care am mai vorbit, o supragigantă roșie de o sută șaizeci de mii de ori mai luminoasă decît Soarele. Cea de a IV-a clasă de luminozitate a fost rezervată pentru stele *normale* ca dimensiuni. Corpurile cerești din a V-a clasă de nebulozitate se cheamă stele *pitice* ; oricît de puțin măgulitor ne-ar părea faptul, Soarele nostru aparține abia acestei categorii modeste (Din fericire, deoarece cu cît o stea e mai mare, cu atît sfîrșitul ei se petrece mai rapid și mai catastrofal !).

Astrele ce țin de ultimele diviziuni ale clasificării, VI și VII (reîntîlnim și aici regula mnemonică a „celor șapte" !) sînt pi-

ticele roșii și albe : așa cum se vede, astronomia siderală nu duce lipsă de imaginație în botezarea subiectelor sale.

Înainte chiar de apariția unei teorii privind dezvoltarea internă a proceselor stelare, a fost făcută o constatare de natură pur statistică privind existența unei corelații remarcabile între magnitudinile stelelor obișnuite și culorile lor. Sub incidența studiului intrau o mulțime mare de stele ce nu aveau nimic special ori spectacular, nu erau nici prea mici și fierbinți, dar nici prea reci și mari, nu arătau nici o caracteristică de excepție, care să le scoată din mulțimea anonimă a stelelor ce populează partea de cer din vecinătatea astronomică a Soarelui. Mulțimea stelelor ce se supun acestei legi de regresie se înscrie pe o porțiune aproape liniară într-o diagramă în care nu interesează decît lumina și culoarea lor (fig. 17).

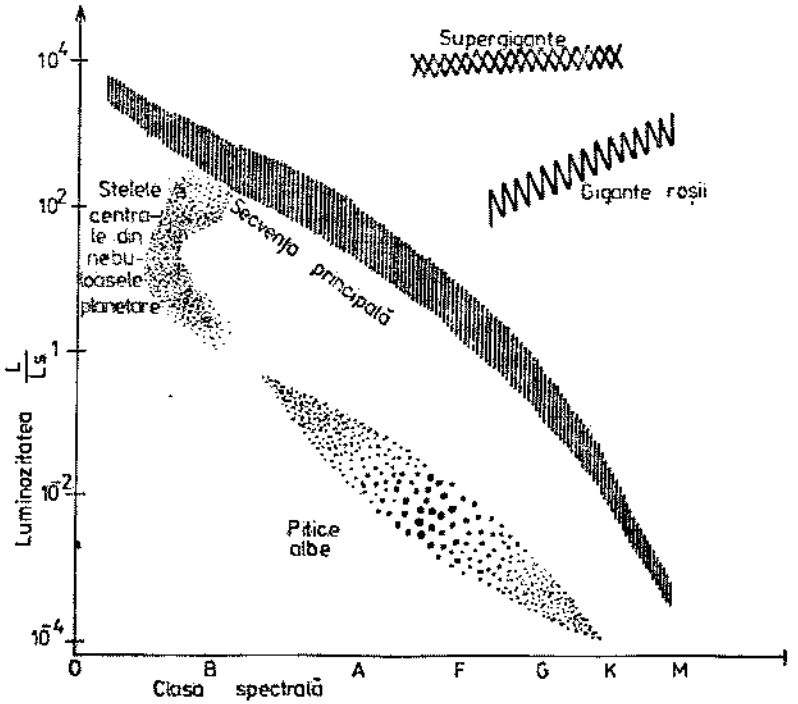


Fig. 17 Lumina și culoarea sînt parametri care permit o clasificare a stelelor.

Pe baza corelației statistice între culori și luminozitățile absolute, din determinarea culorii unei stele se poate ghici, cu șanse destul de mari că rezultatul este corect, care este magnitudinea absolută a astrului. Apoi ultima mărime se compară cu magnitudinea aparentă, în determinarea cărela au fost realizate notabile progrese instrumentale. Deoarece, prin definiție, magnitudinea absolută a stelei corespunde unei poziționări fictive la 10 parseci distanță, dintr-o proporție cu magnitudinea aparentă se poate găsi și al patrulea termen, adică depărtarea reală a stelei. Întrucît implică spectrele, culorile, această procedură de aflare a distanțelor stelare se mai numește și *metoda paralaxelor spectrale*.

Este interesant că la ideea corelației culoare-lumină, la ideea secvenței principale, au ajuns, în mod independent și aproape simultan, cercetători care lucrează în observatoare astronomice diferite, în Europa și în America de Nord.

Cam tot pe atunci au început să fie descoperite și primele obiecte siderale, care nu se încadrau în această lege de regresie liniară. Unul dintre aceste obiecte a fost așa-numita *pitică albă*. Pe la începutul acestui secol, la observatorul Mount Wilson lucra o echipă animată de W. Adams, ocupîndu-se de caracteristicile lumină-culoare la stele. Adams începuse deja să simtă ce înseamnă normal și anormal sub acest aspect. Cercetarea lui Adams a depistat în 1914 un obiect ceresc absolut anormal. Obiectul era o mică steluță, ce fusese descoperită cu aproape jumătate de secol mai înainte de către un optician celebru, Alvan Clark, cu prilejul verificării de rutină a obiectivului pe care îl construia. Verificarea consta în vizarea strălucitorului astru Sirius. Lîngă steaua principală, observatorul fortuit a descoperit o steluță mai mică, numită Sirius B, o componentă a stelei multiple care este Alfa Canis Major. S-a constatat că Sirius B avea o luminozitate absolută de 400 de ori mai mică decît a Soarelui, la mase sensibil egale, în timp ce culoarea ei albă demonstra că steaua e mult mai fierbinte decît Soarele. Ca să respectăm adevărul, trebuie spus că la vremea descoperirii sale, asocierea aceasta de date nu a produs nici o senzație printre astronomi, pentru că studiile de statistică stelară erau doar într-o fază incipientă. Totuși, după scurgerea unei jumătăți de secol de la acel eveniment, astronomii începuseră să perceapă faptul că Sirius B ocupa o poziție cu totul particulară printre stele, în clasificarea spectru-luminozitate. Studiul a fost facilitat de circumstanța că în 1914, la fel ca și în epoca desco-

peririi, steluța Sirius B era văzută sub unghiul depărtării ei maxime față de astrul principal, Sirius A. Cunoscîndu-i-se masa și ghicindu-i-se volumul, s-a putut calcula densitatea lui Sirius B. Concluzia era deconcertantă : steluța se dovedea a fi de o sută de mii de ori mai densă ca apa ! La început astronomii nu au vrut să admită că un asemenea obiect există în realitate, pentru că astrul sfida tot ce se cunoștea pe atunci în legătură cu structura materiei. Neacceptarea sa ca atare venea parțial și din fiascoul oricărei catalogări. Abia după descoperirea altor obiecte cosmice similare și după elaborarea primelor teorii consistente despre alcătuirea interioară a stelelor a urmat și recunoașterea ca incontestabil fapt al observației și calculului astrofizic. Steluța strălucitoare și densă a fost botezată „piticǎ albă", „pitică" — deoarece dimensiunile ei geometrice sînt într-adevăr mici, iar „albă" pentru că aceasta e culoarea ei.

După descoperirile mai mult întîmplătoare ale unor asemenea astre în zorii cercetării astrofizice, a urmat o căutare a lor sistematică, utilizîndu-se metode de fotografiere color. Dacă la fotografierea prin filtru albastru steaua apare mai strălucitoare decît la fotografierea prin filtru roșu, ea devine o posibilă candidată pentru clasa *piticelor albe*. Pînă acum au fost descoperite cîteva zeci de mii de asemenea astre, care, reportate pe diagrama spectru-luminozitate, formează o insulă aparte.

Alte stele neobișnuite sînt *supragigantele roșii*, categorie pe care am exemplificat-o deja prin Betelgeuze. Culoarea le arată că au temperaturi scăzute, ceea ce antrenează necesitatea unor diametre uriașe ca să posede suprafețe de emisie gigantice. Stridența culorii sale fusese notată încă de timpuriu în astronomie, și chiar Ptolemeu o trecea în catalogul său drept „steaua roșie din umărul drept al lui Orion". Măsurători de mare precizie ale diametrului său, prin metode interferometrice inițiate de Albert Michelson, au arătat că Betelgeuze este într-atîta de mare, încît, dacă s-ar găsi în locul Soarelui, Pămîntul ar orbita înăuntrul ei.

Deși prezența unor astre cu o strălucire egală cu a lui Betelgeuze e semnalată și pe secvența principală, anume gigantele albastre din clasele spectrale O și B, dimensiunile acestora sînt totuși mult mai mici.

Al treilea grup de obiecte „anormale", care nu aparțin secvenței principale, îl constituie *nebuloasele planetare*. Li se spune astfel deoarece, pe de o parte, ele sînt nebuloase gazoase, iar pe de altă parte prezintă o anumită convergență a

imaginii cu planetele îndepărtate din sistemul solar, Uran și Neptun. Ele au fost descoperite în număr însemnat pe la jumătatea veacului trecut, folosindu-se același gen de instrumente care au condus și la descoperirea planetelor Uran și Neptun. Privind prin ocularul unui asemenea instrument o nebuloasă planetară, ea apare ca un disc verzui, identificîndu-se optic cu o planetă, întrucît doar planetele se pot vedea ca niște discuri. Se poate înțelege furtuna de emoții pe care o provoca o asemenea imagine, știut fiind că descoperirea unei planete noi a fost visul secret al oricărui astronom al veacului trecut. Dar după numai cîteva nopți de observații răbdătoare, văzînd că discul „planetar" enigmatic nu se deplasează printre stele, confuzia era clarificată, sentimentului de speranță și exaltare îi lua locul o dezamăgire, mai mult sau mai puțin de durată.

Deși primele nebuloase planetare au fost catalogate abia în secolul al XVIII-lea, cea mai apropiată dintre ele fusese cunoscută de om probabil cu milenii în urmă, întrucît diametrul său aparent atinge cam jumătate din diametrul Lunii pline ; această nebuloasă planetară se află în constelația Vărsătorul, la limita de aplicabilitate a metodei paralaxelor trigonometrice.

Culoarea nebuloaselor planetare este verzuie, multe au forme circulare foarte clar delimitate, în vreme ce altele seamănă cu niște inele de fum. Au mai fost observate și nebuloase planetare al căror contur e greu definibil, cu aglomerări de noduri și încolăciri de bucle dificil de urmărit. La cele cîteva sute de nebuloase planetare fotografiate pînă acum poate fi discernută o anumită simetrie centrală, și aproape în toate cazurile în centrul de simetrie se găsește ceva : o mică și neînsemnată stea. Dacă lumina steluței nu este înroșită de absorbția mediului interstelar, ea arată o nuanță albastră, iar aceasta mărturisește imediat o temperatură de cîteva zeci de mii de grade ; într-o serie de cazuri, estimările temperaturii merg pînă la 100 000 de grade.

Să mai amintim și faptul că, pe la sfîrșitul secolului trecut, cercetarea spectroscopică a luminii provenind de la asemenea nebuloase planetare părea să sugereze existența unui element chimic necunoscut pe Terra și care a fost botezat imediat ca „nebuliu". Însă prin anii 1920 s-a stabilit că liniile „nebuliului" din zona albastru-violet a spectrului caracterizează, în realitate, tranzițiile interzise ale atomului de oxigen ionizat prin pierderea a doi electroni. Prezența acestor linii interzise în nebuloase se explică prin împrejurarea că atomii

pot rămîne în nebuloase un timp foarte îndelungat în starea de două ori ionizată, datorită presiunii extrem de reduse.

S-a mai putut deduce și o anumită legătură genetică între steaua centrală fierbinte și norul înconjurător de gaz rarefiat: poziția centrală a stelei dovedește că gazul a fost expulzat de astru într-una din fazele anterioare ale existenței sale. Dimensiunile unui asemenea nor sînt enorme, putînd atinge ani-lumină în diametru.

O caracteristică semnificativă a norului de gaz e aceea că el se umflă. Cu alte cuvinte, este într-un proces de continuă detentă, ceea ce dovedește că el este realmente produsul unei puternice explozii. În graficul temperatură-luminozitate, stelele centrale ale nebuloaselor planetare se găsesc imediat sub secvența principală, deasupra regiunii ocupate de *piticele albe*. Aceasta sugerează legătura evolutivă dintre aceste două categorii de obiecte.

Secvența principală, împreună cu insulele de anomalii amintite, „supragigantele roșii", „stelele centrale din nebuloasele planetare" și „piticele albe" constituie așa-numita diagramă Hertzsprung-Russel, care cataloghează majoritatea obiectelor cerești de tipul stelelor. Diagrama Hertzsprung-Russel, diagrama culoare-lumină, reprezintă una dintre cele mai însemnate realizări ale științei cerului de la începutul acestui secol XX.

Capitolul VIII | INSTRUMENTAȚIA ASTRONOMICĂ ȘI „LIMITELE CREȘTERII"

În anul 1877, astronomul Asaph Hall a avut șansa să observe cei doi sateliți ai planetei Marte, despre care zvonul circula de aproape trei secole, plecînd de la o idee himerică a lui Kepler, speculată și amplificată de ironia lui Jonathan Swift pînă la un capitol de istorie literară. Însă premiera astronomică a observării celor doi sateliți marțieni a devenit posibilă abia după dezvoltarea unui tip special de lunetă, *refractorul cu obiectiv acromatic* foarte mare. Luneta pe care a folosit-o Asaph Hall a fost prima dintr-o serie de trei asemenea instrumente de excepție care au fost construite de familia de opticieni Alvan Clark, tatăl și fiul. Nu mai este nevoie să spunem că descoperirea sateliților lui Marte a fost un triumf atît pentru Hall, cît și pentru Alvan Clark personal: „Ea arată ce se poate aștepta de la un instrument și mai mare care va fi instalat în curînd la observatorul Lick", comenta evenimentul, în urmă cu mai bine de o sută de ani, o revistă științifică a epocii.

Istoria observatorului Lick este interesantă atît pentru faptul că portretul fondatorului acestuia, James Lick, ar putea fi ușor amestecat și confundat printre portretele unei galerii de personaje din romanele lui Jules Verne, cît și pentru aceea că a deschis o pagină dintr-un capitol major al științei despre cer.

James Lick, inițial implicat în comerțul cu zahăr, a devenit milionar pe vremea „goanei după aur" din California, în urma speculei cu terenuri, se spune. Dacă nu o filozofie de viață elevată, atunci spiritul său excentric și o anumită viziune, neconfecționată după tiparul comun, asupra lumii, l-au îndemnat să-și cheltuiască averea în opere filantropice grandioase. Consilierii săi au dovedit că stăpînesc în cel mai înalt grad arta persuasiunii atunci cînd l-au oprit de a ridica pe Market Street, în centrul comercial al orașului San Francisco, o piramidă pe lîngă care edificiul lui Keops ar fi părut o rudă săracă.

pot rămîne în nebuloase un timp foarte îndelungat în starea de două ori ionizată, datorită presiunii extrem de reduse.

S-a mai putut deduce și o anumită legătură genetică între steaua centrală fierbinte și norul înconjurător de gaz rarefiat: poziția centrală a stelei dovedește că gazul a fost expulzat de astru într-una din fazele anterioare ale existenței sale. Dimensiunile unui asemenea nor sînt enorme, putînd atinge ani-lumină în diametru.

O caracteristică semnificativă a norului de gaz e aceea că el se umflă. Cu alte cuvinte, este într-un proces de continuă detentă, ceea ce dovedește că el este realmente produsul unei puternice explozii. În graficul temperatură-luminozitate, stelele centrale ale nebuloaselor planetare se găsesc imediat sub secvența principală, deasupra regiunii ocupate de *piticele albe*. Aceasta sugerează legătura evolutivă dintre aceste două categorii de obiecte.

Secvența principală, împreună cu insulele de anomalii amintite, „supragigantele roșii", „stelele centrale din nebuloasele planetare" și „piticele albe" constituie așa-numita diagramă Hertzsprung-Russel, care cataloghează majoritatea obiectelor cerești de tipul stelelor. Diagrama Hertzsprung-Russel, diagrama culoare-lumină, reprezintă una dintre cele mai însemnate realizări ale științei cerului de la începutul acestui secol XX.

Capitolul VIII | INSTRUMENTAȚIA ASTRONOMICĂ ȘI „LIMITELE CREȘTERII"

În anul 1877, astronomul Asaph Hall a avut șansa să observe cei doi sateliți ai planetei Marte, despre care zvonul circula de aproape trei secole, plecînd de la o idee himerică a lui Kepler, speculată și amplificată de ironia lui Jonathan Swift pînă la un capitol de istorie literară. Însă premiera astronomică a observării celor doi sateliți marțieni a devenit posibilă abia după dezvoltarea unui tip special de lunetă, *refractorul cu obiectiv acromatic* foarte mare. Luneta pe care a folosit-o Asaph Hall a fost prima dintr-o serie de trei asemenea instrumente de excepție care au fost construite de familia de opticieni Alvan Clark, tatăl și fiul. Nu mai este nevoie să spunem că descoperirea sateliților lui Marte a fost un triumf atît pentru Hall, cît și pentru Alvan Clark personal: „Ea arată ce se poate aștepta de la un instrument și mai mare care va fi instalat în curînd la observatorul Lick", comenta evenimentul, în urmă cu mai bine de o sută de ani, o revistă științifică a epocii.

Istoria observatorului Lick este interesantă atît pentru faptul că portretul fondatorului acestuia, James Lick, ar putea fi ușor amestecat și confundat printre portretele unei galerii de personaje din romanele lui Jules Verne, cît și pentru aceea că a deschis o pagină dintr-un capitol major al științei despre cer.

James Lick, inițial implicat în comerțul cu zahăr, a devenit milionar pe vremea „goanei după aur" din California, în urma speculei cu terenuri, se spune. Dacă nu o filozofie de viață elevată, atunci spiritul său excentric și o anumită viziune, neconfecționată după tiparul comun, asupra lumii, l-au îndemnat să-și cheltuiască averea în opere filantropice grandioase. Consilierii săi au dovedit că stăpînesc în cel mai înalt grad arta persuasiunii atunci cînd l-au oprit de a ridica pe Market Street, în centrul comercial al orașului San Francisco, o piramidă pe lîngă care edificiul lui Keops ar fi părut o rudă săracă.

Ce altceva ar mai fi putut întreprinde ? Bolnav, trebuie să-i admirăm curiozitatea vie pe care şi-o păstrase în suflet. Căci Lick îşi petrecea nopţile chinuite de insomnia unei maladii ce se agrava, contemplînd Luna, planetele şi stelele Căii Lactee printr-o mică lunetă. Omul trăia într-o tensiune febrilă, cînd puţinele forţe, care mai rămăseseră în organismul său obosit, erau canalizate înspre o viaţă spirituală înaltă. Structura pragmatică a gîndirii sale îl îndemna, firește, către cunoaşterea pozitivă. Poate că în acele nopţi s-a născut în creierul său ideea inspirată a înălţării unui mare observator astronomic cît mai aproape de stele, în munţi, acolo unde aerul este curat şi condiţiile de vizibilitate ideale.

Vîrful Mount Hamilton a fost ales ca punct de amplasare a viitorului lăcaş astronomic. De acord cu proiectul, guvernul federal, proprietarul muntelui, l-a cedat astronomilor, iar autorităţile statului California au început construirea unei şosele de acces. În sfîrşit, un mare obiectiv acromatic a fost comandat atelierului optic al lui Alvan Clark. Obiectivul refractor avea 97 de centimetri în diametru.

Cu luneta Lick, astronomul Barnard a observat cel de al cincilea satelit al lui Jupiter, Amalthea, prima descoperire făcută în sistemul lui Jupiter de la epoca lui Galileo Galilei, deci după o întrerupere de două secole şi jumătate. Refractorul Lick avea să deţină supremaţia absolută, printre instrumentele de acest fel, ceva mai puţin de un deceniu.

De data aceasta, în capitolul istoric al instrumentaţiei astronomice de excepţie intră George Ellery Hale, savant şi remarcabil organizator al activităţilor ştiinţifice. Cu totul întîmplător, Hale a aflat că în posesia atelierului Clark se mai găsea încă un disc de sticlă, comandat în Franţa odată cu acela folosit pentru observatorul Lick. Sticla nu era produsă într-o fabrică mare, organizată după normele revoluţiei industriale în plin progres la acea epocă. Dimpotrivă, discurile fuseseră comandate atelierului parizian al sticlarului Mantois, chiar dacă apoi urma să fie transportate într-o călătorie plină de şocuri şi trepidaţii. Chiar şi la începutul secolului XX, fabricarea sticlei pentru instrumentele gigantice ale astronomiei avea să fie făcută tot în Franţa, la manufactura de sticlă de la Saint Gobain, fondată încă de Louis XIV cu scopul lichidării monopolului veneţian al oglinzilor. Arta sticlăriei era transmisă acolo din tată în fiu ; piesele realizate erau extrem de individualizate, de o

calitate superioară produselor monotone de serie ce ieşeau din fabricile primei revoluţii industriale.

După ce a fost contactat de Alvan Clark în problema discului nefolosit şi a aderat la ideea acestuia, Hale s-a lansat într-o colectă de fonduri, acţiune oarecum tipică pentru viaţa ştiinţifică şi culturală americană. Într-un mod cu totul neaşteptat, reuşi să-l intereseze, în această investiţie ştiinţifică fără profit material, pe un om de afaceri din Chicago, Charles Tyson Yerkes, adevăratul model al personajului Frank T. Cowperwood din romanul *Financiarul*. De altminteri, resorturile intime ale spectacularului gest filantropic sînt disecate cu luciditate de Theodor Dreiser în paginile cărţii. Acţiunea a fost remarcabilă, pentru că astfel a putut fi începută manufacturarea celui mai mare obiectiv acromatic din lume, măsurînd un diametru de peste un metru (mai exact, de 105 cm).

Realizarea refractorului Yerkes a stîrnit interesul publicului larg, care la acea epocă era pasionat de misterul „canalelor marţiene". Se exprima speranţa că puternica lunetă va da o imagine revelatoare cu prilejul marii apropieri a planetei Marte de la sfîrşitul secolului XIX.

Însă munca de şlefuire a pieselor noii lunete a fost extrem de anevoioasă. Suprafeţele optice ale lentilelor s-au încadrat în parametrii proiectaţi numai după repetarea operaţiei de polizare de nouăsprezece ori.

S-a constatat atunci că realizarea obiectivelor mari şi complexe ale refractoarelor acromatice pretinde un efort de minuţiozitate şi perfecţiune situat la limita posibilităţilor omeneşti. Era necesară prelucrarea fină a unui număr de patru suprafeţe curbe, două pentru lentila de crown şi alte două pentru lentila de flint. Chiar şi în zilele noastre, posesia unei asemenea îndemînări artizanale, întrunind exigenţele opticii şi mecanicii fine, este apreciată cel puţin tot la fel ca şi capacitatea de orientare perfectă în labirintul schemelor electronice.

Dimensiunile refractorului Yerkes, instalat la observatorul astronomic al Universităţii din Chicago, au fost şi vor rămîne un record absolut. Explicaţia dată de obicei acestei performanţe durabile este mai curînd negativistă. Se spune că lunetele au atins „limitele creşterii", ca să folosim un termen utilizat abia din cea de-a doua jumătate a secolului XX, că ele au dat tot ceea ce au putut da pentru progresul astronomic (pentru că păcatele lor originare, adică aberaţiile de sfericitate şi de cromatism, nu au fost niciodată complet înlăturate).

Un al doilea motiv, care s-a adăugat inconvenientelor arătate mai sus, a fost folosirea tot mai frecventă a înregistrării fotografice în observațiile astronomice. Obținerea imaginilor unor astre foarte îndepărtate pretinde cît mai multă lumină, cîți mai mulți fotoni luminoși. Lentilele cu grosimi mari adaugă o inevitabilă și supărătoare absorbție a razelor venind de la aștrii distanțați. Necazul era amplificat și de circumstanța că sticla absoarbe cu predilecție lumina albastră, la care placa fotografică își arată maximul de sensibilitate. Dezvoltarea pe mai departe a lunetelor, în contextul accentuatelor cerințe de lumină ale procedurii fotografice, nu ar fi fost încununată de succes decît în cazul în care s-ar fi descoperit noi sorturi de materiale optice refringente, cu absorbții de cel puțin o mie de ori mai reduse decît ale sticlei tradiționale. Un asemenea material nu s-a inventat nici în pragul secolului XX și nu se întrevăd nici acum șansele inventării sale ; în treacăt fie spus, obținerea acestei substanțe transparente ar constitui un impuls notabil și pentru progresul tehnologiei rachetei fotonice.

Seria aceasta de împrejurări, unele reflectînd caracterul limitat al posibilităților psihofizice umane, altele de natură tehnologică, în fine unele probabil insurmontabile pentru că sînt de natură principială, au antrenat, către sfîrșitul secolului XIX, o criză momentană în progresul astronomiei, sau cel puțin în acel sector al său care observă obiectele foarte îndepărtate. Viitoarea ei dezvoltare, în direcția folosirii tot mai accentuate a tehnicii fotografice, era posibilă doar prin reactualizarea *telescoapelor reflectoare*.

Calculele arătau că lumina necesară fotografierii obiectelor extrem de distanțate ar fi fost asigurată de un reflector cu un diametru de un metru, realizat prin argintarea unei concavități de sticlă bine parabolizată. Un astfel de telescop a fost construit cu aproximativ două decenii înainte de sfîrșitul secolului XIX, dar utilizarea lui nu se va face decît după o lungă odisee. Instalat în Midlands, în centrul arhipelagului britanic, el a fost împiedicat să funcționeze din pricina climatului cețos. Proprietarul său, lordul Crossley, a inserat în ziare un anunț de vînzare a telescopului.

Într-un fel sau altul, astronomii de la Mount Hamilton aflară despre oferta de vînzare ; dar după moartea lui Lick, observatorul nu mai avea decît subvenții extrem de reduse. În cele din urmă, proprietarul britanic al telescopului, aflat în

imposibilitatea de a-l folosi, hotărî să-l ofere în dar observatorului din însorita Californie, unde putea fi exploatat aproape în tot cursul anului. Abia după completarea unei liste de subscripție au putut fi adunați banii necesari transportului său peste ocean și de-a latul continentului nord-american.

Fotografierea obiectelor cerești îmbunătățea sensibilitatea telescopului cu cîteva ordine de magnitudine stelară. „Folclorul astronomic" de la observatorul Lick mai păstrează amintirea acelor ani de pionierat în fotografia astronomică. Reflectorul Crossley a favorizat un climat de emulație intensă printre cercetători. Expunerile eronate sau focalizările incorecte erau considerate crime morale de neiertat. Spiritul de competiție îi forța pe toți oamenii care lucrau la Mount Hamilton să lucreze la limita extremă a capacităților lor. Se spune că unii dintre cercetătorii cu spiritul cel mai „agresiv" se introduceau pe ascuns în prima jumătate a zilei în laboratorul foto pentru a examina negativele nopții precedente, luate de colegul lor care se odihnea trudit, fără să bănuiască nimic despre efracție...

Toate acestea au o explicație psihologică firească. Universul larg deschis de noua instrumentație îi atrăgea pe astronomi prin fascinația necunoscutului devenit tangibil, imaginile de o noutate absolută îi țineau într-o tensiune a cunoașterii, iar orice ratare a șanselor de a vedea priveliștile de vis ale hăului cosmic le putea stîrni nervozitatea.

Reflectorul Crossley a instituit, în pragul secolului XX, un standard instrumental extrem de ridicat pentru observatoarele astronomice. Orice noi progrese în această direcție însemnau, implicit, depășirea acestuia.

Apetitul pentru telescoape tot mai puternice avea să fie satisfăcut chiar în primii ani ai veacului XX. Observatorul Mount Hamilton realizează o extindere la Mount Wilson, unde va fi instalat un reflector de sticlă cu oglinda măsurînd 1,5 metri în diametru. Discul de sticlă fusese comandat la Saint Gobain. După turnarea materialului vitros în formă, răcirea a durat luni de zile, ca să se prevină cristalizările și fisurările.

Sarcina prelucrării suprafeței parabolice a oglinzii i-a revenit lui George Ritchey, optician și astronom. Discul a fost fixat într-un strung de construcție specială. În material trebuia să fie săpată mai întîi o adîncitură de forma unei calote sferice foarte puțin accentuată. După două luni de șlefuire extrem de atentă, abia dacă fusese obținută o concavitate adîncă de 2 cm, însă era de ajuns. Abia acum urma partea cea mai delicată a

întregii operații : parabolizarea oglinzii prin polizarea unui strat de sticlă de o zecime de milimetru grosime. Vreme de doi ani, Ritchey a lucrat cu ferestrele închise, îmbrăcat ca un chirurg, intercalînd lungi pauze de răcire a sticlei și de verificare a suprafeței oglinzii între fazele scurte de șlefuire cu un oxid sub formă de pulbere.

Banii pentru construirea telescopului fuseseră strînși de același remarcabil organizator, George Ellery Hale. Să mai amintim, totuși, că el a fost printre cei care au inițiat studii sistematice de astroclimat, observînd că prezența unei inversiuni termice în stratul de aer de lîngă sol îmbunătățește calitatea imaginii, prin micșorarea turbulenței și a convecției.

Ritchey a făcut chiar mai mult decît munca brută de prelucrare a suprafeței optice. Să nu uităm că era el însuși astronom. Angrenat în cercetarea științifică, a pus la punct o procedură de operare a instrumentației, încît aceasta să dea performanțele ei de vîrf. A obținut, astfel, fotografii de claritate maximă și a putut înregistra stele extrem de slabe, de patru sute de milioane de ori mai puțin strălucitoare decît Vega, astrul fix cel mai luminos al cerului nordic. Atunci, cu mult mai mult decît acum, fotografiile bune solicitau măiestria omului aflat înapoia obiectivului. Timpul de expunere al unui cadru se ridică pînă la zece ore ! Un mecanism de orologerie deplasa rotund telescopul pentru a urmări rotația uniformă a bolții cerești. La fiecare jumătate de oră, Ritchey obtura caseta și focaliza din nou telescopul din cauza modificărilor termice ale lungimilor sistemului optic, induse de frigul nopții. În cursul zilei, dilatarea termică a oglinzii era prevenită prin folosirea unui frigider special, care constituia o performanță tehnică în sine. Astronomul ținea între dinți comutatorul electric ce comanda obturarea casetei fotografice, în momentul cînd o cauză atmosferică oarecare înrăutățea imaginea. Cadrele lui Ritchey, deși au fost realizate înainte de primul război mondial, sînt date și acum ca exemplu în materie de fotografii de nebuloase.

Telescopului de 1,5 metri i-a urmat altul, de 2,5 metri, instalat tot la Mount Wilson. Blocul de sticlă venea tot din Franța. Pentru a se asigura cantitatea enormă de sticlă necesară discului, s-au folosit simultan mai multe vase pentru turnarea sticlei în formă, iar în masa amorfă au apărut cîteva bule de aer, virtual dăunătoare formei finale a suprafeței paraboloidului. Defectul a fost exagerat la început de astronomii de la Mount Wilson în critica lor. După ce și-a făcut un stagiu în

magazia de materiale de la observator (unde se găsesc și azi alte obiecte științifice interesante, dar nefolosite), alți specialiști consultați au dat un verdict pozitiv, apreciind că discul poate fi folosit.

Același George Ritchey a efectuat, timp de șase ani, munca de prelucrare a oglinzii. Au fost anii unui efort secătuitor pentru nervii săi, timp în care s-a certat aproape cu tot personalul de la Mount Wilson. Deprimarea adusă de anii războiului nu a contribuit nici ea la ameliorarea atmosferei de lucru.

Dar, în același timp, în tranșeele din Franța, un infanterist american, pe nume Edwin Hubble, privea stelele în nopți de acalmie și seninătate, bucurîndu-se că „pe frontul de vest nu se întîmplă nimic nou". Tînărul se simțea atras în mod irezistibil de lumina enigmatică a astrelor, punîndu-și nenumărate întrebări despre ele ; își propunea să le rezolve după război. Destinul său va fi legat de telescopul pe care îl construia Ritchey.

Telescopul de 2,5 metri a fost încercat pentru prima oară într-o noapte întunecoasă din luna noiembrie a anului 1917. Structura mecanică a telescopului s-a rotit lin pe rezervoarele de mercur ce serveau ca lagăre fără frecări și paraboloidul a fost îndreptat spre o stea luminoasă. Se părea că presimțirile cele mai negre ale lui Ritchey s-au confirmat : imaginea consta din pete neregulate, difuze, fără sens și deloc neglijabile. Poate că în timpul zilei, cînd cupola fusese deschisă, masa de cinci tone a oglinzii s-a supraîncălzit, pierzîndu-și pentru o vreme perfecțiunea formei. Astronomii plecară să se culce, dar reveniră înaintea zorilor, nutrind o nădejde în suflete. Și miracolul s-a produs. Cei de față au putut privi cea mai clară și mai mare imagine a unui astru de acea magnitudine. Telescopul de 2,5 metri era o reușită perfectă. El avea să fie folosit în anii de după război de către Edwin Hubble, care va descoperi cu ajutorul lui unul dintre cele mai remarcabile fenomene ale cosmologiei.

În anii aceia, George Ellery Hale devenise director onorific al observatorului de la Mount Wilson, după ce se ocupase de organizarea Institutului Tehnologic din California, celebrul Caltech.

La Mount Wilson, Hale a rămas preocupat de funcția de instruire a publicului, care venea într-un fel de pelerinaj la observator, în serile de vineri, cînd pasionații de astronomie puteau privi cerul reflectat în oglinda telescopului de la 1,5

metri, după ce li se ținea o prelegere despre ultimele descoperiri ale științei despre stele. În fiecare an, aproximativ zece mii de vizitatori puteau încerca fiorii metafizici ai imaginilor astrale. Într-una dintre acele atractive seri de vineri, un redactor al unui prestigios săptămînal cultural new-yorkez trecu și el prin această experiență. Entuziasmat de proaspăta sa înțelegere a dimensiunilor universului, pe care a obținut-o pe spațiul unui sfert de noapte, îi ceru cu insistență lui Hale un articol de popularizare a astronomiei pentru revista sa. Articolul, purtînd titlul *Despre posibilitățile telescoapelor mari*, a fost citit pe la începutul anului 1928 de sute de mii de oameni în sufletele cărora găsi un ecou apelul făcut de Hale pentru o mare tentativă umană de a privi „în profunzimile necercetate ale universului".

Dar prioritatea ideii instalării unui mare telescop în California nu îi aparține lui Hale ; ea fusese prefigurată încă prin 1865 de Jules Verne, în *De la Terre à la Lune*. De altminteri, se povestește că atunci cînd se plimba printre telescoapele uriașe de la Mount Wilson, Hale își repeta o frază dintr-o pagină verniană, căreia îi găsea o savoare deosebită : „Se auzi un țipăt de groază și nefericitul om dispăru în telescop" ; savantul G. E. Hale era, probabil, amuzat de acea hiperbolizare a instrumentului anticipat, pînă la transformarea lui într-un malefic înghițitor de astronomi.

Pe de altă parte, gigantismul devenise o modă constructivă pe continentul american în prima jumătate a perioadei interbelice. Fuseseră înălțate marele baraj Boulder, zgîrie-norul Empire State Building, precum și podul Golden Gate de la San Francisco.

A fost convenit ca telescopul să fie proiectat de specialiștii de la Caltech, dar studiile au fost analizate în detaliu de astronomii americani ce lucrau cu colegii lor europeni.

Cu cît oglinda telescopului are un diametru mai mare, cu atît ea trebuie să fie mai masivă și cu atît este mai greu de construit. După o regulă clasică, grosimea unui disc este de o șesime din diametru ; deci, pentru oglinda cu diametrul de 5 metri ar fi trebuit un disc de sticlă cu masa de 40 de tone. Inerția termică a acestei mase e atît de mare, încît produce efecte optice supărătoare, antrenînd modificări ale distanței focale prin dilatație. S-a emis atunci părerea, rezonabilă în sine, de a utiliza un material cu coeficient de dilatație mic.

Cuarțul topit era unul dintre aceste materiale. Putea fi încercată obținerea lui industrială, dar, înainte de a intra în contact cu specialiști în acest domeniu, Hale s-a întrebat dacă nu ar avea cumva șansa de a găsi un bloc masiv de obsidiană, (sticlă vulcanică), într-una din rezervațiile naturale din S.U.A., unde se găseau vulcani.

În prima fază de optimism, experții au ales soluția cuarțului topit. „Cuarțul este nisip plus energie", asigurau ei. Și, într-un fel, aveau dreptate. La urma urmelor, cuarțul nu era un material necunoscut, el era deja folosit pe scară largă în industria chimică și în cercetare, înlocuind sticla obișnuită în mediile corozive, unde sînt prezente variații termice mari.

Totuși, specialiștii nu au reușit să obțină nici măcar un disc cu un diametru de un metru și jumătate. Lucrările s-au tărăgănat pînă la izbucnirea marii crize economice interbelice, cînd a trebuit să fie întrerupte, deși specialiștii dădeau în continuare asigurări că faza finală era rezolvabilă pe termen scurt.

Salvarea telescopului de 5 metri a venit dintr-o direcție neașteptată, de la o firmă specializată în... vase de bucătărie.

Aceste vase erau din pirex, o sticlă termorezistentă, cu un coeficient de dilatație mai mic decît cel al sticlei obișnuite. Materialul putea să urmeze un proces de fabricație în întregime analog celui suportat de sticla obișnuită, însă, dată fiind enormitatea obiectului cerut, o parte din dificultăți rămîneau în picioare. Pentru a îmbunătăți stabilitatea termică a oglinzii, s-a decis să se facă un disc nervurat pe revers, în loc de unul continuu. Rigiditatea mecanică a oglinzii ar fi rămas aceeași. Ca să cîștige experiență din mers, inginerii dublau succesiv dimensiunile discurilor : la început au construit unul de 75 cm, apoi altul de 150 cm, urmat de un al treilea disc de 300 cm în diametru. În sfîrșit, a venit și rîndul celei mai importante oglinzi, aceea de 5 metri.

Compoziția inițială a șarjei cîntărea 65 tone, topindu-se numai cîte 4,5 tone pe zi. Pirexul era turnat apoi într-un fel de arenă circulară, acoperită cu un dom radiativ.

După ce a fost turnat, pirexul a trebuit să se răcească extrem de încet. În acest timp, o inundație a amenințat să înece atelierul unde se răcea discul. În fine, pe la începutul lui 1936, discul a fost arătat publicului, după care a fost urcat pe o platformă de cale ferată special construită și transportat din statul New-York tocmai în California.

Prelucrarea paraboloidului oglinzii a fost încredințată laboratorului optic de la Mount Palomar. Savanții de la Caltech au proiectat partea mecanică a telescopului. Cunoscutul aerodinamician von Karman a proiectat cupola domului, ținînd seama de direcția și intensitatea vînturilor dominante în acea regiune.

Strunjirea adînciturii sferice a însemnat îndepărtarea a cinci tone de pirex, după procedeul Ritchey. Abia în vara lui 1941 s-a trecut la parabolizarea cavității, iar în luna octombrie ea fusese îndeplinită în proporție de 90%. Însă brutalul atac japonez de la Pearl Harbour, din decembrie 1941, a întrerupt munca. Ea avea să fie reluată abia în 1946.

Observatorul astronomic de la Mount Palomar, locul unde a fost instalat reflectorul de 5 metri, a primit numele lui George Ellery Hale, (care murise în 1938), ca o recunoaștere a meritelor acestuia.

Totuși, instrumentul are și unele limitări. Adevărul este că rezoluția unghiulară practică, adică unghiul minim dintre razele provenind de la două obiecte distincte, pe care poate să-l „sesizeze" telescopul, abia dacă reușește să egaleze rezoluția teoretică a unei oglinzi cu diametrul de 40 cm, dacă aceasta ar fi plasată în vid. Limitarea pe care o înregistrează instrumentul nu este introdusă de o imperfecțiune tehnică. Se constată că rezoluția unghiulară maximă a unui instrument optic nu mai este condiționată de dimensiunea oglinzii, de precizia realizării ei, cît de turbulența atmosferică. Din cauza amestecului turbulent, aproape permanent în aer, apar mici domenii mobile cu temperaturi și densități diferite. Ele acționează ca niște lentile haotice și deformează imaginea astrului, producînd un tablou cu aparență difuză. Să încercăm să exemplificăm aceasta printr-un fenomen condiționat de aceeași cauză. Dacă privim o stea, chiar pe cer senin, ea nu are o strălucire constantă, „clipește"; aceste „clipiri" sînt principalul motiv limitator al rezoluției unghiulare pe care o pot da instrumentele mari. Micșorarea diametrului unghiular al imaginii prin reducerea turbulenței ar da același cîștig pentru magnitudinea stelară limită ca și mărirea diametrului oglinzii.

Ca să reducă influența nefavorabilă a turbulenței atmosferice asupra calității imaginii, astronomii plasează telescoapele la altitudini mari, în locuri alese după îndelungate studii ale astroclimatului (prin care se înțelege ansamblul condițiilor micro-, mezo- și macro-meteorologice, care favorizează o transparență maximă a aerului nocturn). De rezultatul acestor măsurători s-a ținut seama, de exemplu, atunci cînd s-au construit observatoarele de la Kitt Peak (Arizona), sau de la Cerro Tololo (Chile), ale căror telescoape, deși au diametrul de 4 m, dau imagini de o calitate superioară celor ale telescopului de 5 m de la Mount Palomar.

Performanțele instrumentului de la Mount Palomar aveau să rămînă imbatabile vreme de aproape trei decenii. Dar în epoca de reușite spectaculare, ce caracterizează revoluția tehnico-științifică actuală, permanentul efort de depășire a performanțelor instrumentației a condus la proiectarea și construcția unui telescop cu un diametru și mai mare. Telescopul cu diametrul de 6 m, înălțat în Munții Caucaz, a fost un pas impus de ritmul general al creșterii economice și industriale. Proiectul a fost inițiat de eminentul optician sovietic Maxutov. Tehnologia urmărită a fost în linii mari asemănătoare celei folosite la telescopul de cinci metri. Telescopul a fost instalat pe un vîrf din Caucazul de nord, favorizat de astroclimatul local.

Să mai observăm, totodată, că oglinzile mari întîmpină anumite dificultăți în menținerea formei lor, împotriva greutății și a variațiilor de temperatură, fără să mai vorbim de enormele obstacole pe care le întîlnește uzinajul cu totul singular pe care îl pretind. Din cauza aceasta, odată cu instalarea telescoapelor de cinci metri și, respectiv, de șase metri, mulți oameni de știință au sentimentul că, la fel ca și în cazul refractoarelor acromatice mari, anumite „limite ale creșterii" au fost atinse. În mod surprinzător, unul dintre cei care exprimă această opinie, neîncrezătoare într-un progres nelimitat al astronomiei optice, este binecunoscutul autor de literatură științifico-fantastică, Isaac Asimov. În cartea sa, *Eyes on the Universe*, el scrie : „Pe Pămînt, astronomia optică a atins limitele sale. Telescopul Hale și telescopul de 6 metri construit în Uniunea Sovietică sînt dinozauri astronomici, și este improbabil că altcineva va mai încerca vreodată să construiască oglinzi și mai mari".

Dar recentele progrese, înregistrate în materialele compozite, în ingineria făcută pe computer și în optică, au deschis perspective noi unor instrumente și mai puternice. Există deja un comitet de oameni de știință organizat în jurul bătrînului observator Lick, care proiectează construcția unui telescop reflector cu diametrul obiectivului de 10 metri.

Două concepții tehnologice de bază sînt luate în considerație pentru a face posibil un asemenea proiect. O primă idee

prevede o structură monolitică, folosind numai o piesă subțire de sticlă cu diametrul de 10 metri, care ar fi tensionată mecanic pînă la dobîndirea formei calculate. Pentru a minimiza efectele de dilatație termică asupra formei oglinzii, s-ar folosi, în sfîrșit, sticla de cuarț topit. Cea de a doua idee este proiectul unui mozaic, constînd din 54 de oglinzi hexagonale (o piesă centrală înconjurată de trei centuri de hexagoane), dînd un diametru efectiv de 10 metri. Fiecare hexagon ar urma să aibă un suport separat, fiind mișcat de un „actuator", (un piston), în așa fel încît întregul mozaic ar putea să fie menținut la forma optică perfectă.

Oricare ar fi metoda folosită, oglinda finală de 10 metri ar fi de zece ori mai ușoară decît o oglindă convențională de același diametru, dar construită cu tehnologia în uz pînă acum. Dacă oglinda propriu-zisă cîntărește mai puțin, toate celelalte accesorii mecanice vor fi mai ușoare, reducîndu-se astfel într-un mod foarte semnificativ costul telescopului. Pe de altă parte, o nouă metodologie constructivă, prin care se scurtează distanța focală, va permite o dublare a diametrului oglinzii, fără să antreneze și o dublare corespunzătoare a lungimii instrumentului.

În anii care vor veni, rămîne de văzut dacă un asemenea telescop va fi realizat efectiv sau nu. În orice caz, în materie de instrumentație astronomică se pare că „limitele creșterii" nu au fost, totuși, atinse.

Capitolul IX | GALAXIILE ȘI GALAXIA

În manuscrise astronomice arabe, vechi de o mie de ani, poate fi întîlnită descrierea unei mici pete alburii de pe cerul nordic, pe care noi o cunoaștem acum sub numele de *nebuloasa din Andromeda*. Din jurnalul lui Pigaffeta, cronicarul expediției circumterestre a lui Magellan, cărturarii europeni au putut afla știrea existenței unor „nori" permanenți pe firmamentul nopților cerului sudic, — Norul Mare și Norul Mic ai lui Magellan.

Pînă în secolul XVIII, întîmplătoare, nesistematică și extrem de săracă, descrierea acestor „nori" sau „nebulozități" astrale intră pe făgașul acurateței astronomice prin lucrările lui Charles Messier. Acest pasionat „vînător de comete", agasat de o serie de pete alburii cu poziții fixe pe boltă, care uneori puteau fi luate drept comete îndepărtate, a avut ideea să facă un îndreptar al erorilor de observație de acest gen, specificînd, în coordonate cerești, locurile ocupate pe cer de nebuloase, nume generic care nu spune practic nimic despre natura acestor obiecte. Catalogul lui Messier, devenit celebru, era o listă de 103 obiecte, care în mod cert nu erau stele, dar care emit o lumină proprie, difuză, nebuloase care în secolele următoare au fost de nenumărate ori cercetate. Este amuzantă, însă, următoarea circumstanță în legătură cu catalogul lui Messier: oricît de insistent ori răbdător au căutat, astronomii nu au reușit niciodată să identifice mai mult de 102 corpuri din vechiul registru al savantului francez; ceea ce ne sugerează că Messier a făcut eroarea inversă, adică a luat o cometă adevărată drept o nebuloasă falsă.

În cea de a doua jumătate a secolului XVIII, William Herschel a întreprins, cu energia care-l caracteriza, o căutare sistematică a acestor nebuloase, adăugînd alte cîteva mii la ceea ce era cunoscut pînă la el, dar fără să ajungă să realizeze semnificația lor reală.

prevede o structură monolitică, folosind numai o piesă subțire de sticlă cu diametrul de 10 metri, care ar fi tensionată mecanic pînă la dobîndirea formei calculate. Pentru a minimiza efectele de dilatație termică asupra formei oglinzii, s-ar folosi, în sfîrșit, sticla de cuarț topit. Cea de a doua idee este proiectul unui mozaic, constînd din 54 de oglinzi hexagonale (o piesă centrală înconjurată de trei centuri de hexagoane), dînd un diametru efectiv de 10 metri. Fiecare hexagon ar urma să aibă un suport separat, fiind mișcat de un „actuator", (un piston), în așa fel încît întregul mozaic ar putea să fie menținut la forma optică perfectă.

Oricare ar fi metoda folosită, oglinda finală de 10 metri ar fi de zece ori mai ușoară decît o oglindă convențională de același diametru, dar construită cu tehnologia în uz pînă acum. Dacă oglinda propriu-zisă cîntărește mai puțin, toate celelalte accesorii mecanice vor fi mai ușoare, reducîndu-se astfel într-un mod foarte semnificativ costul telescopului. Pe de altă parte, o nouă metodologie constructivă, prin care se scurtează distanța focală, va permite o dublare a diametrului oglinzii, fără să antreneze și o dublare corespunzătoare a lungimii instrumentului.

În anii care vor veni, rămîne de văzut dacă un asemenea telescop va fi realizat efectiv sau nu. În orice caz, în materie de instrumentație astronomică se pare că „limitele creșterii" nu au fost, totuși, atinse.

Capitolul IX | GALAXIILE ȘI GALAXIA

În manuscrise astronomice arabe, vechi de o mie de ani, poate fi întîlnită descrierea unei mici pete alburii de pe cerul nordic, pe care noi o cunoaștem acum sub numele de *nebuloasa din Andromeda*. Din jurnalul lui Pigaffeta, cronicarul expediției circumterestre a lui Magellan, cărturarii europeni au putut afla știrea existenței unor „nori" permanenți pe firmamentul nopților cerului sudic, — Norul Mare și Norul Mic ai lui Magellan.

Pînă în secolul XVIII, întîmplătoare, nesistematică și extrem de săracă, descrierea acestor „nori" sau „nebulozități" astrale intră pe făgașul acurateței astronomice prin lucrările lui Charles Messier. Acest pasionat „vînător de comete", agasat de o serie de pete alburii cu poziții fixe pe boltă, care uneori puteau fi luate drept comete îndepărtate, a avut ideea să facă un îndreptar al erorilor de observație de acest gen, specificînd, în coordonate cerești, locurile ocupate pe cer de nebuloase, nume generic care nu spune practic nimic despre natura acestor obiecte. Catalogul lui Messier, devenit celebru, era o listă de 103 obiecte, care în mod cert nu erau stele, dar care emit o lumină proprie, difuză, nebuloase care în secolele următoare au fost de nenumărate ori cercetate. Este amuzantă, însă, următoarea circumstanță în legătură cu catalogul lui Messier: oricît de insistent ori răbdător au căutat, astronomii nu au reușit niciodată să identifice mai mult de 102 corpuri din vechiul registru al savantului francez; ceea ce ne sugerează că Messier a făcut eroarea inversă, adică a luat o cometă adevărată drept o nebuloasă falsă.

În cea de a doua jumătate a secolului XVIII, William Herschel a întreprins, cu energia care-l caracteriza, o căutare sistematică a acestor nebuloase, adăugînd alte cîteva mii la ceea ce era cunoscut pînă la el, dar fără să ajungă să realizeze semnificația lor reală.

Tot în aceeași perioadă, Laplace își exprima părerea că unele dintre corpurile acelea cu strălucire săracă ar putea fi, în fapt, imense arhipelaguri de stele, lucind așa de stins numai din pricina enormelor distanțe care le despart de sistemul nostru stelar. Mai tîrziu, Laplace și-a retractat gîndul acesta premergător în astronomia extragalactică, pentru a găsi în nebuloase un sprijin pentru ideea lui cosmogonică, enunțînd, independent de Kant, teoria nebuloaselor primitive, semănînd cu vechile vîrtejuri carteziene de materie, din care se generează sorii și planetele.

Totuși, interpretarea nebuloaselor, sau cel puțin a unora dintre acestea, ca niște gigantice mulțimi de stele, este corectă. Și chiar în același secol XVIII, unul dintre oamenii de știință autodidacți ai acelei vremi, Lambert, a avut intuiția importanței lor în universul astronomic. În perioada imediat următoare lucrărilor sale (care nu au fost cunoscute de contemporanii săi), astronomii nu au venit să stabilească prin observații aliate cu raționamente această conexiune între nebuloase și grandioasele îngrămădiri de stele, îndeosebi cu Calea Lactee.

Pe bolta întunecată a nopților, *Calea Laptelui* pare un brîu neuniform de lumină difuză, în vreme ce restul firmamentului e presărat ceva mai sporadic cu aștri. Deși de la observațiile lui Galilei asupra Căii Lactee, pînă la acelea ale lui William Herschel, se scurseseră aproape două secole, multora dintre contemporanii lui Herschel le apărea încă drept uimitoare afirmația că această *Cale a Laptelui* e formată din stele atît de dens așezate, încît ochiul liber nu poate să le separe una de alta dintr-un fond luminos, în aparență continuu. Probabil că era și mai greu să se sesizeze identitatea morfologică dintre *Calea Laptelui* și acele nebuloase cu poziții fixe pe boltă (despre această dificultate mărturisește însăși circumstanța că Herschel nu a trecut niciodată acest prag al interpretării nebuloaselor).

Cu ajutorul puternicelor telescoape, ale căror oglinzi le poliza singur, Herschel a inițiat un proces de numărare sistematică a stelelor aflate în diverse direcții ale bolții cerești. El a emis apoi supoziția, care și nouă ni se pare cît se poate de naturală, că sistemul nostru spațial este mai extins acolo unde densitatea stelelor se va dovedi că este mai mare.

Observațiile după metodologia inițiată de Herschel au fost continuate de alți astronomi, care au lucrat în perioada imediat următoare încetării sale din viață. Totuși, aceștia au ajuns la concluzia eronată că densitatea stelelor este aceeași în toate direcțiile cerului. Concluzia părea, și nu numai pentru spiritele raționaliste și abstracte ale oamenilor de știință ai acelui veac, surprinzător de *heliocentristă*: în termeni expliciți, aceea că Soarele nostru se afla în centrul acestui grandios univers de stele.

Eroarea lor — pentru că realmente era rezultatul unor observații eronat interpretate —, provenea din circumstanța astronomică (și aici întrebuințăm adjectivul „astronomic" în sensul descriptiv, în același fel în care întrebuințăm pentru Terra adjectivul „geografic"), că direcția vizuală de observație către centrul Căii Lactee este ecranată de imenși nori de praf cosmic opac pentru lumină, însă bănuiala aceasta a fost exprimată mult mai tîrziu.

Trebuie reținut de asemenea că în primul rînd progresul realizat în investigația astronomică a nebuloaselor fixe și îndepărtate a adus prima idee în înțelegerea distribuției stelelor din Calea Lactee și, implicit, a situării Soarelui în univers.

Așa cum am arătat într-un capitol precedent, după ce Ross a îndreptat oglinda „Leviatanului" său astronomic către obiectul cu numărul 51 din catalogul lui Messier (M 51 Canes Venatici), el a putut sesiza existența a două brațe spirale, care izvorau dintr-un fel de nucleu central, relativ mai luminos. Dacă cercetările lui Ross nu au putut fi împinse mai departe, acest fapt se datora în primul rînd manierei de investigare optică, explorîndu-se nemijlocit imaginea nebuloasei cu ochiul lipit de ocularul telescopului. Numai placa fotografică, avînd proprietatea remarcabilă de a însuma acțiunile individuale ale cuantelor de lumină incidente pe suprafața emulsiei fotochimice, a putut depăși precaritatea imaginii difuze, sărace, așa cum apărea ea pentru retina ochiului astronomului.

În această istorie a astronomiei nebuloaselor aflate în genunile cosmosului, un rol deosebit de hotărîtor l-au jucat marile telescoape de la Mount Wilson, care în prima jumătate a secolului XX au deținut recorduri absolute atît în materie de dimensiuni, cît și de performanțe optice în sine. Iar dintre toți astronomii care au lucrat în „orășelul ceresc" de la Mount Wilson, fără îndoială că figura cea mai carismatică a fost aceea a lui Edwin Hubble. El nimerise la Mount Wilson după o traiectorie extrem de neobișnuită, după ce făcuse studii juridice solide, care l-ar fi recomandat ca pe un promițător tînăr avocat, dacă primul război mondial nu i-ar fi pricinuit o restructurare a planurilor și, după cum vom vedea, și a destinului. Fără să

creadă în nimic preconceput, fără opinii apriorice nesprijinite pe fapte concrete (și aici se manifesta pregătirea lui de jurist), fiind în același timp prudent și extrem de atent în acceptarea ori respingerea ipotezelor științifice, el era omul cel mai nimerit — să spunem predestinat ar fi poate prea mult —, să privească universul prin telescoapele cele mai mari ale lumii și să-și exerseze imaginația la lumina acelor nebuloase enigmatice, aflate la depărtări incredibile. În cunoașterea depărtării acestor obiecte un rol special l-a jucat remarcabila dependență dintre perioada variației de strălucire a unor mari stele-faruri, numite *cefeide* și vîrfurile strălucirii lor periodice, dependență găsită prin observație de către Henrietta Leavitt la *cefeidele* din *Norul Mic* al lui Magellan.

Dispunînd de această genuină riglă pentru distanțele cosmice, Edwin Hubble a putut constata că există nenumărate nebuloase dincolo de marginile arhipelagului de stele unde se află Soarele nostru. Nebuloasele acestea sînt întrutotul similare binecunoscutei *Galaxia Kiklos*, a Căii Lactee, și de aceea pot purta numele generic de *galaxii*, notația cu majusculă, *Galaxia*, fiind rezervată pentru mulțimea de stele căreia îi spunem *Calea Laptelui*.

La început, studiile lui Edwin Hubble au fost orientate spre cercetarea formelor exterioare ale diferitelor tipuri de galaxii. După ce pe biroul său de lucru s-a adunat un număr mare de fotografii de nebuloase, Hubble a ajuns la concluzia că majoritatea nebuloaselor extragalactice puteau fi încadrate în două forme principale : *galaxii cu brațe spirale* și *galaxii eliptice* ; un procent mic nu intră în nici una din categoriile amintite mai sus, datorită iregularității conturului, și acestea sînt așa-numitele *galaxii iregulare*.

Edwin Hubble s-a gîndit că formele acestea erau, cumva, corelate cu întregul proces al evoluției galaxiilor și de aceea s-a hazardat să întrebuințeze calificative temporale, de „timpurii" și „tîrzii", pentru nebuloase extragalactice cu grade (dacă putem spune așa) diferite de deschidere a brațelor spirale. Tot ce se poate afirma, însă, acum, despre această clasificare, este doar că morfologia lor trebuie să reflecte într-o manieră directă caracteristicile lor mecanice. *Galaxiile spirale*, de exemplu, măr-

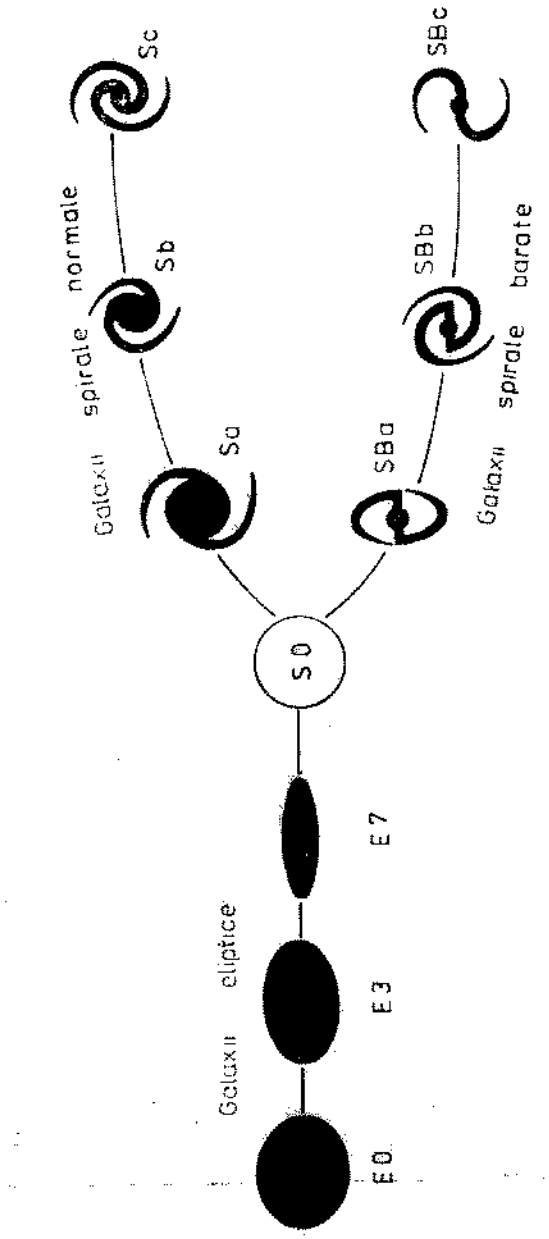


DIAGRAMA DIAPAZON A LUI HUBBLE

Fig. 18 O clasificare a galaxiilor după formele lor.

turisesc prin însăși prezența brațelor lor existența unor viteze de rotație mari, în vreme ce rotația *galaxiilor eliptice* trebuie să fie mai lentă.

Succesiunea formelor galactice este redată în celebra „diagramă diapazon" propusă de către Edwin Hubble (fig. 18).

Galaxiile eliptice au fost notate cu simbolul E (de la elipsă), însoțit de indici de excentricitate care merg de la 0, pentru o galaxie sferică, pînă la 7 pentru obiectele extragalactice de forma unui elipsoid foarte turtit. Apoi, pe diagrama Hubble se ajunge treptat la nebuloase și mai turtite, avînd forma unui disc ori a unei lentile biconvexe, obiecte desemnate prin SO, simbolul S arătînd că fac trecerea la galaxiile spirale, iar cifra 0 este adăugată numai ca o sugestie că structura spirală este, în fapt, absentă. Galaxiile spirale propriu-zise formează și ele două clase, dintr-una făcînd parte cele cu un centru net exprimat, din care răsar imediat brațele spirale, și o alta unde nucleul este barat, brațele răsărind abia de la capetele acestei bare. Obiectele din prima categorie sînt notate numai cu litera S, iar cele din a doua clasă sînt notate cu SB, atît unele cît și celelalte fiind urmate de literele mici a, b, c, după gradul dezvoltării spiralelor.

Fig. 19 O *galaxie spirală*. *Brațele spirale* sînt atît de dens așezate, încît numărul lor nu poate fi determinat.

În acord cu această schemă de clasificare, propria noastră Galaxie reprezintă un model intermediar de nebuloasă spirală, de tipul Sb. Structura intimă a Galaxiei a început să se dezvăluie ochilor astronomilor abia de prin deceniul al treilea al secolului nostru. Se estimează că circa 150 de miliarde de stele fac parte din acest sistem. Distanțele medii dintre stelele Galaxiei sînt de ordinul cîtorva ani-lumină. În raport cu centrul galactic, Soarele nostru se găsește la o distanță de circa 33 000 de ani-lumină.

Deși *lenticulară* sau *discoidală* în secțiune, Galaxia noastră pare să fie înconjurată de un fel de *halou sferic*. Compararea caracteristicilor astrofizice ale stelelor care intră în sistemul lenticular și ale celor care intră în marele halou a condus la o disociere a stelelor Galaxiei în două mari populații cu caractere distincte. Din punct de vedere al vechimii, trebuie spus că în susbsistemul sferic există cea mai bătrînă populație de stele, a cărei lumină este roșiatică — mărturia evidentă a unor temperaturi scăzute, a unor procese energetice a căror intensitate a depășit de multă vreme apogeul —, și ale căror dimensiuni sînt de-a dreptul impresionante, ceea ce este demonstrat și de numele lor de *gigante* și *supragigante roșii*, majoritatea lor depășind cu certitudine vîrsta stelelor din zona de univers din vecinătatea astronomică a Soarelui nostru. Aproximativ a mia parte din numărul total al acestor aștri din haloul sferic au avut timp să se strîngă gravitațional în mari roiuri globulare ce cuprind în volumul lor milioane și milioane de stele. De altminteri, de la asemenea distanțe stelele individuale nici nu se mai văd. În fotografiile astronomice ale acestor roiuri globulare, chiar cînd sînt luate prin telescoape puternice, se pot vedea cercuri, ale căror circumferințe se intersectează ; însă aceste cercuri nu reprezintă discuri ale astrelor, deoarece diametrul aparent al unei stele trebuie să fie, pe placa fotografică, aproximativ de mărimea unei bacterii privite cu ochiul liber. Circumferințele sînt pur și simplu creația unui efect optic, reprezentînd cercuri de difracție.

Pe cerul nostru putem investiga prin telescop un număr de circa o sută de asemenea roiuri globulare, însă numai foarte puține dintre ele sînt vizibile cu ochiul liber, deși fiecare în parte reprezintă un far cosmic gigantic, rezultat din însumarea luminii unui număr de un milion de stele de mărimea lui Betelgeuze. Pentru pămînteni, cel mai spectaculos roi sferic este poate cel din constelația *Hercule*, (M 13 în catalogul lui Mes-

sier) : roiul M 13 poate fi observat chiar și fără lunetă, pentru că diametrul său aparent atinge cam jumătate din cel al Lunii pline, dar strălucirea lui e mult mai slabă, datorită extincției luminii pe o distanță intersideralâ atît de mare. Cum ar arăta universul văzut din poziția pe care o ocupă un asemenea roi sferic de un milion de stele ? Cunoscutul om de știință și autor de science-fiction, Arthur Clarke, își imagina, în *The Challenge of the Spaceship*, tabloul bolții cerești privit de o ipotetică ființă rațională ce ar locui în centrul unui asemenea roi g'obular : „un cer dens acoperit cu astre, fără intervale întunecate între ele".

În afară de roiurile sferice, în haloul galactic mai există, de asemenea, și un mare număr de stele variabile (de tipul RR Lirae).

Populația sistemului lenticular (subsistemul plan, cum mai este denumit acesta) se compune mai cu seamă din stele tinere, cele mai strălucitoare fiind stelele albastre, din nebuloase gazoase și din nori de praf.

Caracteristicile atît de diferite ale celor două populații de stele reflectă, în mod sigur, deosebirile în condițiile genezei și evoluției lor.

Partea principală a gazului și stelelor subsistemului plan este concentrată în brațele spirale. Brațele spirale se găsesc în mișcare, iar perioada acestei mișcări este de ordinul cîtorva ere geologice, Galaxia terminîndu-și abia acum o rotație începută pe vremea cînd ferigile carbonifere înverzeau fața Pămîntului, cînd tocmai se iniția procesul de formare a Oceanului Atlantic, iar munții Carpați încă nu se născuseră. Stelele discului se învîrt în jurul centru'ui Galaxiei, pe orbite circulare cu diferite valori distribuite haotic ; aceste viteze specifice, sau peculiare, au valori de ordinul zecilor de kilometri pe secundă.

Majoritatea astrelor subsistemului plan sînt grupate în diverse formații. Unele asocieri sînt de cîte două, trei ori mai multe stele, purtînd numele de *astre binare* (duble), *ternare* (triple) ș.a.m.d. Însă combinațiile cele mai importante cuprind cel puțin cîteva sute de stele. Aceste asocieri de stele nu trebuie să fie confundate cu constelațiile, care sînt doar niște reuniuni fortuite ale proiecțiilor pe boltă ale unor stele între care sînt absente legăturile fizice ori genetice. Totuși, se cunosc și cîteva excepții de la regula aceasta. Ele sînt constelațiile minore, cum ar fi *Hiadele* ori *Pleiadele (Cloșca cu pui)*. Stelele individuale de aici (precum *Alcione*, *Electra*, *Merope* ș.a.m.d.) au energii cinetice prea mici în comparație cu valoarea absolută

a energiei lor potențiale gravitaționale și asta face ca energia lor totală să fie negativă și să se afle, astfel, în stări legate gravitațional. În afară de amintitele *Hiade* și *Pleiade*, în discul subsistemului plan există asociații de stele asemănătoare în ceea ce privește masele, luminozitățile, vîrsta și procesul genezei, dar unde fiecare obiect individual are o energie totală pozitivă, ceea ce face ca stelele să tindă spre dispersarea lor în spațiu, cu viteze destul de importante în unele cazuri.

Exceptînd norii lui Magellan, cea mai apropiată galaxie este *nebuloasa din Andromeda*, eternul loc de care este asociată acțiunea multor romane științifico-fantastice. Prima fotografie reușită a galaxiei (cunoscută și ca M 31) a fost făcută de George Ritchey. Pe parcursul deceniilor, în funcție de precizia etalonării scării *cefeidelor* — aceste adevărate „borne kilometrice" ale universului —, cifra distanței pînă la *nebuloasa din Andromeda* a căpătat estimări între unul și două milioane de ani-lumină. Propria noastră *Galaxie*, împreună cu *nebuloasa din Andromeda* și *norii lui Magellan*, fac parte din așa-numitul *Grup Local* de galaxii. Ideea curentă, privind dispunerea nebuloaselor extragalactice în spațiu, este că în general ele sînt organizate în grupuri de galaxii cuprinzînd pînă la o mie de nebuloase. Unul dintre cele mai remarcabile grupuri de galaxii este cel din constelația zodiacală a *Fecioarei*. Aici se găsesc obiecte fotografiate încă în pragul secolului XX, dar care își păstrează intactă enigma lor structurală, precum nebuloasa M 87, aflată la 40 de milioane de ani-lumină de noi. La expuneri fotografice lungi, de la 10 pînă la 15 ore, ea se prezintă ca o galaxie eliptică foarte mare. Dar ceea ce intrigă realmente este fotografia sa cu un timp de expunere scurt. Pe un astfel de clișeu se distinge mai întîi un centru luminos, nucleul galactic, înconjurat de un halou palid, apoi un larg jet de lumină erupe din centru și se întinde pe o distanță de cinci mii de ani-lumină. De la descoperirea acestui fenomen și pînă în vremurile noastre, mai multe mecanisme fizice au fost propuse pentru a explica erupția, unele dintre ele nu lipsite de fantezie. După descoperirea quasarilor, s-a încercat să se traseze o paralelă între activitatea deosebit de intensă din centrul galaxiei M 87 și quasari.

M 87 se găsește în mijlocul grupului de galaxii din constelația *Fecioarei*, grup a cărui coeziune aparentă nu poate fi explicată prin clasicele forțe gravitaționale, pentru că lipsește masa necesară realizării acestei atracții, masă determinată prin măsurători de luminozitate. Atunci cînd ipoteza „golurilor negre" din univers a început să cîștige teren printre astronomi,

s-a exprimat bănuiala că materia absentă în roiul de galaxii centrat pe M 87 s-ar ascunde sub forma unor „goluri negre" undeva pe întinderea aglomerării galactice din constelația *Fecioarei*. Un studiu întreprins cu telescoapele de 4 m de la Kitt Peak și de 5 m de la Mount Palomar (primul dă imagini cu o rezoluție mai bună decît al doilea instrument, datorită depărtării mai mari de lumina orașelor) a adus dovada faptului că în centrul galaxiei M-87 se ascunde o masă de cîteva miliarde de ori mai mare decît cea solară. Autorii studiului conchid că prezența „unui supermasiv gol negru central trebuie să fie considerată ca o posibilitate serioasă". Din păcate, limitarea rezoluției unghiulare de către turbulența atmosferei terestre nu permite decelarea unor detalii mai fine din centrul galaxiei M 87.

O altă galaxie, ce ne arată o enigmatică structură explozivă, este M 82, unul dintre cele mai fascinante obiecte extragalactice, aflat la 10 milioane de ani-lumină de noi, o galaxie cu confuze iregularități ale conturului. Atunci cînd fotografierea durează zece ore sau mai mult, pe clișeu pot fi văzute structuri filamentare întunecate și o serie de prelungiri fine, de formă nedefinită, a căror sursă pare că se găsește în centrul galaxiei. La fel ca și M 87, galaxia M 82 are o puternică emisie

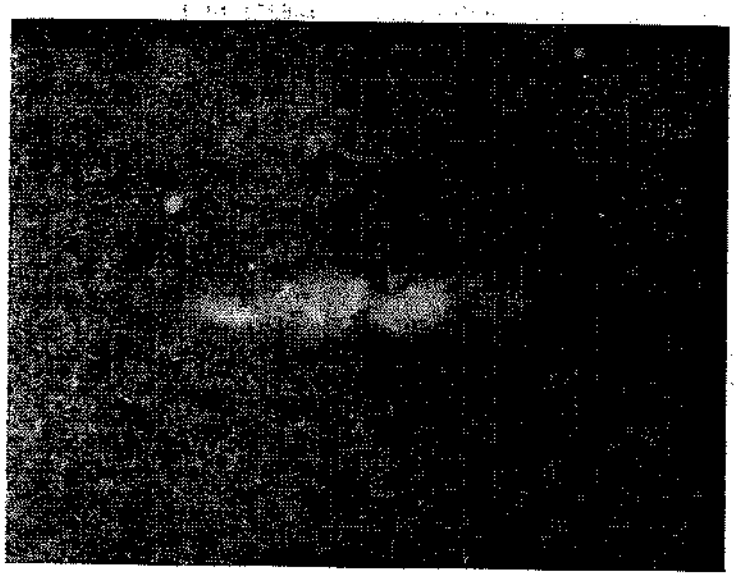


Fig. 20 Galaxia M 82.

radioelectrică. În comparație cu fluxul radioemisiei propriei noastre Galaxii, radiația lui M 82 se dovedește a fi de o mie de ori mai intensă. Trăsăturile cu totul particulare ale acestei galaxii au fost, bineînțeles, interpretate ca mărturia unui puternic fenomen exploziv, produs cu 1,5 milioane de ani în urmă — un timp destul de scurt la scară astronomică. O altă caracteristică surprinzătoare a acestei galaxii este și circumstanța că în limitele conturului său nu pot fi discernute stele izolate, contrastînd astfel puternic cu vecina ei, galaxia M 81 (nebuloasele M 81 și M 82 fac parte dintr-un grup de galaxii din constelația *Carul Mare*). O explicație plauzibilă ar fi efectul de ecranare al norilor de pulbere cosmică; sau, pur și simplu, în această galaxie sînt absente stelele foarte mari. Între M 81 și M 82 există o distanță de o sută de mii de ani-lumină. Un alt punct de vedere teoretic pleacă tocmai de la această apropiere relativă a galaxiilor. Interpretîndu-se deplasarea Doppler a luminii difuzate de norii de pulbere din filamente, a rezultat că, datorită unor fenomene mareice, pe care M 82 le exercită asupra lui M 81, o cantitate oarecare de puberi și de gaze este smulsă din brațele spirale ale acestei nebuloase. Masiva absorbție de materie duce la un furtunos proces de formare a stelelor în zona centrală a lui M 82, unde cîmpul gravitațional este mai intens.

Galaxii după galaxii se repetă în cosmos, la fel ca moleculele unui gaz, dînd concretețe conceptului complex de *Metagalaxie*. În ceea ce privește dispunerea insulelor galactice în acest domeniu imens, chiar și supozițiile apriorice sînt deocamdată destul de prudente. S-a putut spune, în primul rînd, că *Metagalaxia* este organizată în grupuri de galaxii.

Prima informație sigură privind aspectul universului, multă vreme misterios, a fost obținută în urma prelucrării pe computer a fotografiilor astronomice ale unor obiecte mergînd pînă la a nouăsprezecea magnitudine stelară. Fiecare asemenea fotografie înfățișează un sector din bolta cerească de 6 × 6 grade, după mărire localizîndu-se și numărîndu-se toate galaxiile înregistrate acolo. Imaginile strălucitoare din primul plan, aparținînd stelelor Galaxiei noastre, au fost șterse, păstrîndu-se numai figurile de dincolo de ea, deci a celor extragalactice.

Prin însumarea fotografiilor individuale astfel prelucrate, s-a putut discerne o structură celulară. *Metagalaxia* arată ca un fagure, pereții celulelor fiind alcătuiți din galaxii distribuite mai mult sau mai puțin dens. S-au putut evalua și distanțele pînă la aceste corpuri cerești, schițîndu-se pe computer o ima-

gine tridimensională a universului vizibil (pînă la magnitudinea nouăsprezece), și astfel se elimină bănuiala că rezultatul amintit nu ar fi decît un efect de perspectivă. Trebuie spus că, deși într-unele sectoare ale cerului imaginea nu este suficient de concludentă, în alte zone, cum ar fi cea în direcția constelației *Perseu*, distribuția „celulară" a galaxiilor este în afara oricăror dubii, diametrele acestor celule fiind, în medie, de 150 de milioane de ani-lumină.

Cum a fost generată această structură a universului ? Conform uneia dintre ipotezele privind apariția și evoluția sa, uriașe complexe gazoase s-au condensat în galaxii și stele. Există tendința ca formarea galaxiilor să se producă, de preferință, la marginea acestor „nori" și, de aceea, se apreciază că structura celulară s-a putut dezvolta în urma amplificării unor mici perturbații inițiale, apărute în aceste zone „periferice". Dar, firește, orice descoperire nouă ridică și întrebări noi. În ritmul actual al progresului în astrofizică, ne putem aștepta ca lămurirea lor să se producă într-un timp relativ scurt.

Capitolul X | RADIOASTRONOMIA

La confluența deceniilor trei și patru din secolul nostru, cercetătorii din domeniul științelor fizice, între care trebuie să-i includem și pe astrofizicieni, erau stăpîniți de vraja produsă de fantastica lume a *cuantelor*. Pe atunci, un tînăr inginer, care-și părăsise planșeta în favoarea fizicii, Paul Adrian Maurice Dirac, sau PAM Dirac, cum îi spuneau prietenii, încerca să facă un aliaj teoretic original : să îmbine ideile moderne ale fizicii cuantice cu metodele aproape tot atît de noi ale teoriei relativității. Era ca și cum ar fi privit universul de la o înălțime dublă ; imaginea avea să fie cu atît mai clară și mai genuină. Ceea ce s-a adeverit. Din calculele sale, în care complexitatea nu era aglomerare, ci ogiinda unei logici extinse la dimensiuni virgine ale gîndirii, a rezultat ceva atît de paradoxal, încît alții au crezut imediat că nu merită osteneala să mai urmărească pînă la capăt consecințele. Așa ceva nu poate exista, exclama posesorul expresiei banale a bunului simț, cine a mai pomenit un electron pozitiv, cînd se știe foarte bine că elementara sarcină, pe care o poartă, este negativă !

Numai peste cîțiva ani, în 1932, laboratorul avea să aducă o confirmare directă prin descoperirea *pozitronului* sau *antielectronului*, prima antiparticulă cunoscută.

Tot pe atunci, un alt tînăr inginer, Carl Janski, lucra în laboratoarele firmei Bell Telephone, cu o însărcinare clară : trebuia să detecteze sursa necunoscută a unor supărătoare semnale radio, care perturbau primele legături comerciale transatlantice pe unde scurte. În același an, 1932, în care era descoperit *pozitronul*, Janski a descoperit că natura unora dintre aceste izvoare de zgomot hertzian nu poate fi pămînteană : pentru că perturbațiile păreau să vină împreună cu stelele și să dispară odată cu ele. Aceasta, deoarece perioada de receptare a intrigantelor semnale radiofonice era exact de o zi, însă o zi care nu este marcată de răsăritul și de apusul Soarelui, ori de

gine tridimensională a universului vizibil (pînă la magnitudinea nouăsprezece), și astfel se elimină bănuiala că rezultatul amintit nu ar fi decît un efect de perspectivă. Trebuie spus că, deși într-unele sectoare ale cerului imaginea nu este suficient de concludentă, în alte zone, cum ar fi cea în direcția constelației *Perseu*, distribuția „celulară" a galaxiilor este în afara oricăror dubii, diametrele acestor celule fiind, în medie, de 150 de milioane de ani-lumină.

Cum a fost generată această structură a universului ? Conform uneia dintre ipotezele privind apariția și evoluția sa, uriașe complexe gazoase s-au condensat în galaxii și stele. Există tendința ca formarea galaxiilor să se producă, de preferință, la marginea acestor „nori" și, de aceea, se apreciază că structura celulară s-a putut dezvolta în urma amplificării unor mici perturbații inițiale, apărute în aceste zone „periferice". Dar, firește, orice descoperire nouă ridică și întrebări noi. În ritmul actual al progresului în astrofizică, ne putem aștepta ca lămurirea lor să se producă într-un timp relativ scurt.

Capitolul X | RADIOASTRONOMIA

La confluența deceniilor trei și patru din secolul nostru, cercetătorii din domeniul științelor fizice, între care trebuie să-i includem și pe astrofizicieni, erau stăpîniți de vraja produsă de fantastica lume a *cuantelor*. Pe atunci, un tînăr inginer, care-și părăsise planșeta în favoarea fizicii, Paul Adrian Maurice Dirac, sau PAM Dirac, cum îi spuneau prietenii, încerca să facă un aliaj teoretic original : să îmbine ideile moderne ale fizicii cuantice cu metodele aproape tot atît de noi ale teoriei relativității. Era ca și cum ar fi privit universul de la o înălțime dublă ; imaginea avea să fie cu atît mai clară și mai genuină. Ceea ce s-a adeverit. Din calculele sale, în care complexitatea nu era aglomerare, ci ogiinda unei logici extinse la dimensiuni virgine ale gîndirii, a rezultat ceva atît de paradoxal, încît alții au crezut imediat că nu merită osteneala să mai urmărească pînă la capăt consecințele. Așa ceva nu poate exista, exclama posesorul expresiei banale a bunului simț, cine a mai pomenit un electron pozitiv, cînd se știe foarte bine că elementara sarcină, pe care o poartă, este negativă !

Numai peste cîțiva ani, în 1932, laboratorul avea să aducă o confirmare directă prin descoperirea *pozitronului* sau *antielectronului*, prima antiparticulă cunoscută.

Tot pe atunci, un alt tînăr inginer, Carl Janski, lucra în laboratoarele firmei Bell Telephone, cu o însărcinare clară : trebuia să detecteze sursa necunoscută a unor supărătoare semnale radio, care perturbau primele legături comerciale transatlantice pe unde scurte. În același an, 1932, în care era descoperit *pozitronul*, Janski a descoperit că natura unora dintre aceste izvoare de zgomot hertzian nu poate fi pămînteană : pentru că perturbațiile păreau să vină împreună cu stelele și să dispară odată cu ele. Aceasta, deoarece perioada de receptare a intrigantelor semnale radiofonice era exact de o zi, însă o zi care nu este marcată de răsăritul și de apusul Soarelui, ori de

trecerea lui pe la meridianul locului, ci de o zi siderală, măsurată prin mersul ritmic diurn al cerului de stele „fixe".

Experiențele sale, concretizate practic într-o antenă și un sistem de amplificare, ce avea să fie consemnat și păstrat de istoria științei ca primul *radiotelescop*, au dus la nașterea unei posibilități instrumentale prodigioase, ce a dezvăluit pînă acum omenirii o mulțime de „minuni" cosmice, din care putem enumera *pulsarii* și *quasarii*, virful icebergului de descoperiri radioastronomice.

Privind în urmă, ne putem pune două întrebări justificate. De ce nu s-a prevăzut mai întîi pe cale teoretică existența unor surse cosmice de unde radio, întreprinzîndu-se apoi căutarea lor sistematică ? Apoi, de ce, vreme de zece ani de la descoperirea lui Janski, cercetătorii profesioniști din domeniul astronomiei au ignorat-o în mod practic ?

În anii aceia mulți astrofizicieni au fost atît de excitați de vestea descoperirii antiparticulelor, încît au început să se piardă în reverii mărețe despre antimaterie, corpuri cerești din antimaterie, galaxii din antimaterie, într-un cuvînt, despre o antilume ! Alcătuite în întregime din antiprotoni în loc de protoni, din antineutroni în loc de neutroni, din pozitroni în loc de electroni, aceste galaxii ar fi trebuit să existe undeva în universul vizibil, alături de galaxii normale, cum ar fi a noastră, și să supraviețuiască numai datorită imensei prăpastii de vid dintre marile arhipeleaguri stelare. Dar accidentele sînt probabile peste tot, la fel de bine pe Pămînt și în cosmos. Imaginați-vă un asemenea accident cosmic, spuneau ei, ciocnirea dintre o galaxie normală și una alcătuită din antimaterie ! Nu ar putea să existe un fenomen mai violent și totodată mai grandios decît acesta în tot universul ! Cu această ocazie trebuia să se degaje în mod necesar atîta energie electromagnetică, îngrămădită cu prisosință și în gama optică a spectrului, încît orice telescop mai puternic de pe planeta Pămînt ar fi fost în stare să capteze mărețul tablou.

Poate că acesta este unul dintre motivele pentru care noul mijloc de investigare, găsit de inginerul Janski nu a fost primit cu interesul necesar unei rapide implementări și proliferări pe fronturile științifice ale lumii.

Astăzi aproape nimeni nu mai caută lumi din antimaterie, deoarece subiectul a încetat să mai fie unul dintre punctele fierbinți ale științei. În schimb, discuția se poartă, pasionant,

în jurul *quasarilor*, *stelelor neutronice*, *radiației relicte* — toate roade ale muncii cu noua unealtă, *radiotelescopul*.

Totuși, să nu încercăm să-i discreditățm pe astronomii anilor treizeci ai veacului nostru. Ei știau, firește, la fel de bine cum știm și noi, că orice progres în instrumentație antrenează imediat un salt la frontierele cunoașterii. Dar primele *radiotelescoape* erau, fără îndoială, aparate cu performanțe slabe ; indicațiile lor grosolane, privind sursa undelor radio din cosmos, nu puteau fi de prea mult folos astronomilor, care știau deja să fixeze pozițiile obiectelor cerești optice cu o incredibilă precizie, folosind mijloacele clasice ale astronomiei. În termeni mai avansați, se poate spune că rezoluția unghiulară a *radiotelescoapelor*, unghiul cel mai mic de la care se mai pot separa două surse distincte, era slabă. Dar, în fine, de ce n-am crede că obiectele cosmice, care emit unde, sînt mult diferite de obișnuitele stele care emit lumina ?

O informație apriorică pe această temă avea să fie adusă, în anii războiului al doilea mondial, de un student olandez. În 1944 Olanda era ocupată de naziști, dar în centrele sale științifice oamenii lucrau în speranța venirii unor zile mai bune. Astfel, la Eindhoven, unde erau marile laboratoare de cercetare ale firmei Philips, era pus la punct și perfecționat primul microscop electronic. Iar la Universitatea din Leyden, tînărul Van de Hulst se gîndea că în cosmos, la mari distanțe de stele, trebuie să existe cantități imense de hidrogen, cu atomi distribuiți în spațiu atît de rar, încît nu reușeau să se întîlnească doi cîte doi și să dea naștere unei molecule. Fiind la mari depărtări de orice fluxuri importante de radiație ionizantă, atomii erau neutri, adică fără să-și fi pierdut electronul care acompaniază protonul central. Apoi, dată fiind imensitatea regiunii dintre astre, în care se aflau, numărul lor trebuia să fie, de asemenea, imens ; atît de enorm, încît efectele lor însumate, de vreo natură ori alta, ar fi avut șanse să fie observate chiar și de pe planeta Pămînt.

După cum aprecia Van de Hulst, atomul de hidrogen din spațiul intersideral s-ar putea afla numai într-una din cele două stări energetic posibile, care apar în virtutea faptului că electronul și protonul sînt un fel de mici magneți. Prima, de energie minimă, în care momentul magnetic al electronului și cel al protonului sînt orientate paralel, dar sînt de sensuri contrare. A doua, de energie doar cu puțin mai mare, cînd momentele magnetice ale celor două particule, din nou paralele, sînt

orientate în același sens (*momentul magnetic* e o mărime ce caracterizează oricare mic magnet, iar axa sud-nord a acestuia este indicată printr-o săgeată) (fig. 21). De regulă, la cîteva miliarde de ani, axa *momentului magnetic* al electronului se rotește cu o sută optzeci de grade și atomul de hidrogen trece dintr-o stare de energie mai mare într-o stare de energie mai mică. Saltul acesta neașteptat mai este numit „flip-flop". Cu această ocazie, conform regulilor mecanicii cuantice, va fi emis și un *foton*, cărăușul energiei pierdute de sistem în cursul procesului. În dualismul *undă-foton*, acestei particule îi corespunde o undă electromagnetică cu frecvența de 1 420 megahertzi, sau lungimea de undă de 21 centimetri.

Din cînd în cînd, în urma ciocnirilor cu alți atomi, atomul de hidrogen regăsește, primind energie, vechea stare.

Descoperirea liniei de 21 centimetri a facilitat, mai mult decît orice, studiul structurii galactice.

Însă, firește, a fost nevoie de terminarea războiului, pînă ce sugestia lui Van de Hulst a devenit cunoscută comunității științifice internaționale.

În anul 1948, teoreticianul sovietic Iosif Shklovski aude întîmplător despre ideea studentului olandez. Imediat, într-o noapte albă, așterne pe hîrtie șiruri lungi de calcule menite să probeze dacă ideea lui Van de Hulst avea sau nu consistență. Detaliile analizei teoretice îi arată că fenomenul este în întregime plauzibil, cu mari șanse de a fi observat. Dar în anii de după război mai erau folosite radiotelescoape construite pe direcția tehnologică trasată de Janski și de Grote Reber, un amator entuziast al ideii cartografierii radio a cerului, care-și petrecea nopțile lîngă antena pe care și-o construise în grădină. Aceste telescoape erau acordate pe lungimi de undă de ordinul metrilor sau al zecilor de metri. Pe lîngă faptul că ele nu lucrau în domeniul undelor decimetrice, posedau încă o sensibilitate deficientă.

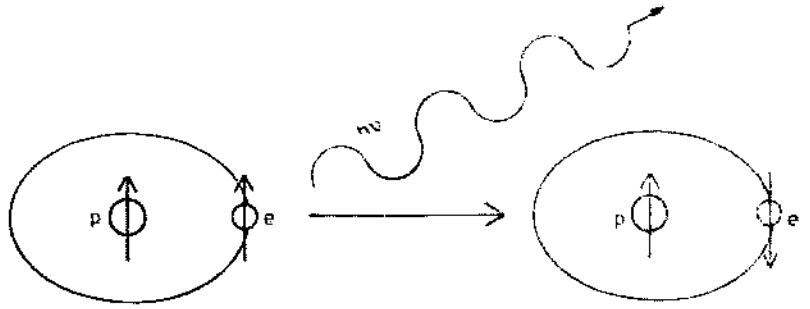


Fig. 21 Tranziția „flip-flop" în atomul de hidrogen duce la generarea unei radiații care scaldă tot universul. Săgețile reprezintă momentele magnetice ale *protonului* și *electronului*, dar mărimile lor reale sînt inegale.

A venit, poate, timpul să schițăm liniile mari ale unui *radiotelescop*. Vom proceda prin comparație cu confratele său mai vechi, instrumentul optic cu același nume. Știm că principala piesă a unui telescop optic este oglinda, care servește pentru captarea și focalizarea unui mănunchi de radiații luminoase plecate de departe, de la un astru. În focar se află receptorul, senzorul radiației concentrate acolo de către oglinda obiectiv. Revenind la descrierea unui *radiotelescop*, să spunem că ideea, schema generală, se păstrează. Numai că în locul oglinzii de sticlă va fi folosită o oglindă din metal ajurat. Și pentru că lungimea de undă a spectrului electromagnetic, utilizat în radioastronomie, este mult mai mare decît lungimea de undă a luminii, va fi necesar ca oglinda parabolică a radiotelescopului să fie mult mai mare decît cea montată într-un instrument optic. Și, bineînțeles, în focar se va afla din nou un senzor de radiație, dar nu o placă fotografică sau o fotocelulă, ci o mică *antenă*. Cea mai simplă antenă este formată dintr-o tijă metalică și poartă denumirea de *dipol semiundă*. *Semiundă*, fiindcă lungimea tijei este egală cu jumătate din lungimea de undă propusă să fie captată. În consecință, o antenă simplă — dipolul semiundă — este întotdeauna acordată pe o lungime de undă determinată. Cîmpul electric al undei radio produce un joc al electronilor liberi în tija metalică. Acest du-te-vino foarte ritmic al electronilor se cheamă *oscilații*. Dacă săgeata ori vectorul intensității cîmpului electric al undei este riguros perpendiculară pe tija dipolului, de-a lungul antenei nu trebuie să ne așteptăm la nimic. Doar atunci cînd acest vector face un unghi diferit de cel drept cu axul dipolului, el este capabil să miște de la un capăt la altul electronii din tijă.

Nu toate telescoapele au, însă, forma unei fantomatice farfurii de sîrmă împletită, ce nu poate reține nimic substanțial, nici măcar vîntul, dar care captează în mod eficient radiația electromagnetică. Pentru radiațiile, ale căror lungimi de

undă depășesc trei metri, este mult mai avantajos din toate punctele de vedere să se folosească așa-numitele *antene multidipol*, semănînd, văzute din depărtare, cu un gard metalic răsfirat aparent fără rost pe un cîmp unde nu închide nimic și nu protejează nimic. Fiecare stîlp al gardului este, de fapt, cunoștința noastră mai veche, *dipolul semiundă*. Toți dipolii sînt dispuși paralel și în același plan, apoi conectați între ei printr-un cablu de înaltă frecvență. Aria acestei împrejmuiri din dipoli este o caracteristică foarte importantă a unui radiotelescop. Pentru o suprafață de arie dată, numărul dipolilor trebuie să fie cu atît mai mare, cu cît lungimea de undă este mai mică. Din această cauză, undele centimetrice și undele decimetrice se recepționează mai convenabil cu antene în formă de farfurie.

Construcția unui radiotelescop capabil să realizeze sarcina impusă de ideea lui Van de Hulst nu a fost un lucru prea ușor. În primul rînd, transmiterea energiei de la antenă pînă la primul etaj de prelucrare a informației nu se mai poate face prin cabluri obișnuite, izolate. Într-adevăr, pentru astfel de frecvențe fantastice, de ordinul miilor de megahertzi, se demonstrează că printr-un cablu banal curentul electric pur și simplu nu poate trece, datorită circumstanței că un cîmp electric de foarte înaltă frecvență nu poate pătrunde într-o bucată de metal (efectul *skin*). Transmiterea energiei este realizabilă numai prin niște conducte metalice cu secțiuni savant calculate, numite *ghiduri de undă*. Chiar și în condițiile acestea, semnalul va slăbi foarte rapid. Dacă la transmisie s-ar micșora, însă, frecvența vibrațiilor electrice, randamentul s-ar îmbunătăți. La fel ca și la un aparat de radio, modificarea frecvenței electrice se face prin intermediul *heterodinării*. Niște semnale electrice de la un generator special *(heterodina)* vor fi transmise prin ghiduri de undă la antene, unde se vor amesteca cu semnalul primit din cosmos. Vor rezulta un fel de bătăi electrice cu frecvența mai joasă decît a semnalului extraterestru captat. În felul acesta, antenele individuale, tijele, pot fi răspîndite pe o lungime mare pe cîmp, pînă la cîțiva kilometri, crescînd în mod corespunzător sensibilitatea unghiulară a instrumentului.

Abia în 1951, Van de Hulst, devenit între timp director al observatorului de la Leyden, reușește să termine un radiotelescop din generația nouă, cu care și-a verificat în mod strălucit ideile. Tot atunci, instrumente similare încep, la Harvard și Sidney, să studieze radiația hidrogenului interstelar rece, neutru, notat de astrofizicieni în mod convențional cu HI. Se constată cu acel prilej că semnalele cu lungimea de undă de 21 centimetri vin de pretutindeni, atît din Galaxia noastră, cît și din alte zeci de galaxii.

Pe întinderea proprie Galaxiei, hidrogenul neutru este concentrat în brațe spirale gigantice. Mai întîi a fost localizat brațul spiral al *Orionului*, unde știm că se află și sistemul planetar al Soarelui. Al doilea braț descoperit a fost cel al lui *Perseu*, botezat astfel după numele principalei constelații care se proiectează peste conturul lui. Cu exactitate, numărul brațelor spirale nu este cunoscut. Diverse inferențe, diverse metode de ghicire, încep numărătoarea la doi și o sfîrșesc la zece.

Este foarte important că pe lîngă dispunerea hidrogenului mai poate fi stabilită și mișcarea lui relativă în spațiu cu ajutorul *efectului Doppler*. La fel ca la undele luminoase, frecvența undei de 21 centimetri se deplasează spre valori mai mici sau mai mari, după cum sursa se îndepărtează sau se apropie de observator. Studiul este posibil chiar și pentru domeniile îndepărtate ale Galaxiei, unde reperele clasice ale astronomiei, stelele, sînt complet ecranate de nori opaci de praf cosmic.

Permeabilitatea norilor de praf cosmic pentru unda de 21 centimetri se explică prin faptul că această lungime de undă este aproximativ de un milion de ori mai mare decît dimensiunile particulelor de praf, în vreme ce lungimea de undă a radiațiilor vizibile este comparabilă cu diametrele particulelor de praf cosmic, ceea ce duce la împrăștierea ei accentuată pe aceste particule.

Observațiile radioastronomice începute la Sidney, Harvard și Leyden, strînse într-un tablou mai mult sau mai puțin cețos al părții centrale a Galaxiei (o necunoscută absolută pentru astronomia optică), au fost reluate și extinse și de către alte radiotelescoape.

Una dintre cele mai mari farfurii de radiotelescop din întreaga lume este cea de la Jodrell Bank, în Marea Britanie. Istoria acestui instrument mare este tot atît de încărcată de peripeții ca și istoria oricărui instrument astronomic de dimensiuni excepționale. Proiectantul lui a fost profesorul Bernard Lovell, de la Universitatea din Manchester. În timpul războiului al doilea mondial, Lovell a lucrat la detectarea rachetelor germane V-2 cu ajutorul radarului. În 1945, după demobilizare, se întoarce în viața civilă la Manchester, unde va studia cu ace-

lași radar militar meteoriții, aducînd prima confirmare serioasă că aceștia au obîrșia în sistemul solar, nu undeva în profunzimile cosmosului. Totuși, orașul era prezent alături de radar cu un inconvenient major : avea tramvaie, iar arcurile electrice ocazionale, pe care le provocau lunecînd zgomotos sub fire, constituiau o sursă enervantă de paraziți electrici pentru „urechea" radarului. Lovell își mută atunci aparatele la 15 km în afara orașului, la Jodrell Bank. Aici, în acest nou centru dedicat radioastronomiei, a fost descoperită, în 1950, prima *radiosursă din afara Galaxiei* noastre, celebra *nebuloasă din Andromeda*. Stimulat de aceste succese, grupul de radioastronomi britanici decide să inițieze strîngerea de fonduri pentru construirea celei mai fabuloase farfurii din lume, cu diametrul de 76 metri. În aceiași ani cînd în lume se inițiază capitolul practic al astronomiei în banda de 21 centimetri, este proiectată oglinda și partea electronică a instalației. În următorul an se toarnă fundația, după care lucrările se împotmolesc din lipsă de fonduri. Calculele monetare ale lui Lovell s-au dovedit a fi greșite, costul inițial estimativ urcînd în realitate pînă la o sumă cvintuplă. Îl amenință chiar spectrul închisorii pentru datoriile făcute, cărora nu le găsește acoperire. Dar în 1956 este lansat primul satelit artificial de către U.R.S.S. Marele telescop de la Jodrell Bank este salvat. Pentru că militarii au devenit foarte interesați în a avea acces la un instrument de mare putere, cu care să capteze bip-bip-ul sateliților sovietici ; guvernul acordă creditele necesare în vederea terminării radiotelescopului în cel mai scurt timp posibil. În final, instrumentul arată impresionant : două sute de tone în greutate, sprijinite pe doi piloni înalți de cîte 54 metri. La fel arată și destinul modestului profesor de la Manchester, devenit între timp *sir* Bernard Lovell.

Construit pentru a recepționa radiații cu lungimea de undă de la cîțiva metri pînă la 50 centimetri, radiotelescopul este capabil, totuși, să recepționeze și lungimea de undă de 21 centimetri a hidrogenului neutru, folosind pentru aceasta partea centrală a oglinzii.

Între timp s-au construit și oglinzi mai mari, dar nu parabolice și nu suspendate. Cea mai mare din lume se află la Arecibo, în Puerto Rico, măsurînd peste 300 metri în diametru. Oglinda este, însă, sferică și este așezată în scobitura naturală a unei căldări vulcanice, rotunjite puțin și prin intervenția

omului. Antenele de acest fel se mai numesc și „cupe terestre", întrucît sînt dispuse direct pe suprafața Pămîntului și se orientează în spațiu numai datorită rotației diurne a planetei.

Cu acest radiotelescop și cu altele s-a putut vedea că majoritatea *radiosurselor* sînt cu mult dincolo de limitele Galaxiei, sînt obiecte extragalactice.

În felul acesta, radioastronomia a devenit, începînd cu a doua jumătate a secolului nostru, principalul mijloc de investigare pentru tot ce există mai departe decît frontierele Galaxiei.

Dacă în astronomia optică, începînd de la Herschel încoace, atenția fusese îndreptată mai ales către problemele de aparență și de formă ale nebuloaselor extragalactice, catalogîndu-se trăsături ca forma exterioară, dimensiunile și, într-o anumită măsură, compoziția stelară, în radioastronomie sînt atacate aspectele structurale și energetice fundamentale ale acestor nebuloase. Cînd, în 1943, Seyfert arăta că descoperise unele galaxii cu linii spectrale de emisie intense și foarte largi, din ale căror centre, se știe acum, răbufnesc fluvii colosale de energie, faptul a trecut practic neobservat printre astronomi. După 1950 situația s-a schimbat însă radical, odată cu descoperirea unei clase noi de obiecte extragalactice, *radiogalaxiile*. Acestea par a fi niște galaxii optice, în ale căror centre se petrec evenimente fizice foarte violente, generatoare de unde electromagnetice.

Un rezultat neașteptat al cercetării a fost descoperirea faptului că numărul *radiogalaxiilor* crește vertiginos cu distanța, atingînd un maximum pe la cinci miliarde de ani-lumină de Soare. Sporirea este într-adevăr dramatică, densitatea *radiogalaxiilor* fiind de o mie de ori mai ridicată decît pentru spațiul extragalactic „apropiat". Apoi trendul se inversează și, la depărtări mai mari, prezența acestor obiecte devine tot mai puțin marcantă, viteza scăderii numărului lor este chiar mai abruptă decît viteza cu care densitatea lor crește înainte de acel maxim despre care am vorbit. Astfel că la distanța de 10 miliarde de ani-lumină pot fi observate ultimele dintre aceste obiecte, dacă le socotim pe scara distanțelor, dar de fapt primele ca vîrstă, convertind distanțele în timp. Radioastronomii consideră că *radiogalaxiile* ne pot aduce informație despre stadii foarte vechi ale universului. Cît de aproape de originea timpului ne duc ele ? La circa un milion de ani, dar nu mai timpuriu decît atît.

O altă întrebare interesantă, la care nu s-a primit încă răspuns, e următoarea : declanșarea fenomenelor generatoare de unde electromagnetice hertziene într-o radiogalaxie a precedat formarea stelelor, sau ordinea evenimentelor a fost inversă ?

În fine, să mai adăugăm că finețea instrumentală, atinsă după 1970, a dus la disiparea acelei legende radioastronomice despre galaxii într-un proces de ciocnire. Actualmente, același tablou este interpretat ca reprezentînd un singur obiect, din două părți componente mai mult ori mai puțin simetrice, ale căror puteri de emisie sînt sensibil egale. Detaliile acestui tablou pot fi analizate la aproximativ jumătate dintre *radiosursele extragalactice* cunoscute. Celelalte *radiosurse* au o structură mai complicată și numai 6% din numărul total al *radiosurselor extragalactice* dovedesc o simplitate structurală, adică sînt alcătuite dintr-o componentă unică.

Trebuie remarcat că observațiile radioastronomice sfidează acele teorii care construiesc modele, pe de o parte în perfect acord cu legile fizicii actuale, pe de altă parte în flagrant dezacord cu faptele observate. Esența oricărui asemenea model, forța lăuntrică ce-l face să evolueze în cadrul unui scenariu, despre istoria universului, este bazată pe ipoteza condensării substanței, în vreme ce în univers se observă tocmai expulzarea substanței, tranziția ei continuă, sau prin salturi, dintr-o stare mai densă în alta mai diluată. Radioastronomia arată fluxuri gigantice de energie, date de corpuri relativ minore ca dimensiuni spațiale, fenomene condiționate de vaste formațiuni de tipul norilor de electroni mișcîndu-se cu viteze apropiate de viteza luminii și care emit unde electromagnetice prin frînarea lor în cîmpuri magnetice.

Evident, dezlegarea acestor mistere esențiale ale cosmosului se va face în anii sau în deceniile care vor veni, iar ritmul formulării răspunsului va fi dependent atît de rafinarea teoriilor fizice, cît și de dezvoltarea ulterioară a instrumentației radioastronomice.

Capitolul XI
EXPANSIUNEA UNIVERSULUI ȘI MAREA EXPLOZIE

Primii care au descoperit paradoxul și i-au speculat efectul au fost sofiștii eleni. Dar chiar și astăzi, într-o epocă tributară unei revoluții industriale și alteia științifice, prilejurile pentru paradoxuri nu sînt mai puțin rare decît în lumea cea veche a grecilor. Curios este faptul că terenul cel mai fertil pentru paradoxuri originale îl oferă astăzi ramurile cele mai profunde ale științei.

Asemenea paradoxuri apar, de exemplu, atunci cînd se încearcă să se extrapoleze, la scara întregului univers, rezultate obținute pentru sisteme naturale relativ restrînse, mărginite. Două asemenea rezultate ale teoriei s-au dovedit de o importanță capitală pentru cosmologie.

Să începem cu cel mai vechi dintre ele, inferat nemijlocit din propozițiile logice ale gravitației universale, introduse în știință de Isaac Newton.

Se știe că printr-un telescop se dezvăluie ochiului planete, sori, nebuloase, galaxii, precum și alte corpuri asupra cărora teoriile moderne nu și-au spus încă ultimul cuvînt. Să ne gîndim că o mare mulțime din aceste obiecte au fost înconjurate cu un fel de „năvod" imaginar, un „sac" de dimensiuni uriașe, avînd eventual forma sferică. Comportarea substanței din acest „sac" nu va depinde de corpurile cerești din afară. Chiar dacă stelele și galaxiile din interior sînt supuse în mod obligatoriu acțiunii stelelor și galaxiilor din afară, o analiză mai atentă ne arată că aceste acțiuni se anulează reciproc în ultimă instanță : forțele de atracție gravitațională trăgînd cu intensitate egală în două direcții opuse, vor da o rezultantă nulă. O consecință imediată a acestui raționament va fi aceea că astronomul este în întregime îndreptățit, atunci cînd studiază proprietățile unei anumite regiuni din spațiu, să considere domeniul respectiv ca fiind fizicește neinfluențat de obiectele cosmice din spațiul înconjurător.

O altă întrebare interesantă, la care nu s-a primit încă răspuns, e următoarea : declanșarea fenomenelor generatoare de unde electromagnetice hertziene într-o radiogalaxie a precedat formarea stelelor, sau ordinea evenimentelor a fost inversă ?

În fine, să mai adăugăm că finețea instrumentală, atinsă după 1970, a dus la disiparea acelei legende radioastronomice despre galaxii într-un proces de ciocnire. Actualmente, același tablou este interpretat ca reprezentînd un singur obiect, din două părți componente mai mult ori mai puțin simetrice, ale căror puteri de emisie sînt sensibil egale. Detaliile acestui tablou pot fi analizate la aproximativ jumătate dintre *radiosursele extragalactice* cunoscute. Celelalte *radiosurse* au o structură mai complicată și numai 6% din numărul total al *radiosurselor extragalactice* dovedesc o simplitate structurală, adică sînt alcătuite dintr-o componentă unică.

Trebuie remarcat că observațiile radioastronomice sfidează acele teorii care construiesc modele, pe de o parte în perfect acord cu legile fizicii actuale, pe de altă parte în flagrant dezacord cu faptele observate. Esența oricărui asemenea model, forța lăuntrică ce-l face să evolueze în cadrul unui scenariu, despre istoria universului, este bazată pe ipoteza condensării substanței, în vreme ce în univers se observă tocmai expulzarea substanței, tranziția ei continuă, sau prin salturi, dintr-o stare mai densă în alta mai diluată. Radioastronomia arată fluxuri gigantice de energie, date de corpuri relativ minore ca dimensiuni spațiale, fenomene condiționate de vaste formațiuni de tipul norilor de electroni mișcîndu-se cu viteze apropiate de viteza luminii și care emit unde electromagnetice prin frînarea lor în cîmpuri magnetice.

Evident, dezlegarea acestor mistere esențiale ale cosmosului se va face în anii sau în deceniile care vor veni, iar ritmul formulării răspunsului va fi dependent atît de rafinarea teoriilor fizice, cît și de dezvoltarea ulterioară a instrumentației radioastronomice.

Capitolul XI
EXPANSIUNEA UNIVERSULUI ȘI MAREA EXPLOZIE

Primii care au descoperit paradoxul și i-au speculat efectul au fost sofiștii eleni. Dar chiar și astăzi, într-o epocă tributară unei revoluții industriale și alteia științifice, prilejurile pentru paradoxuri nu sînt mai puțin rare decît în lumea cea veche a grecilor. Curios este faptul că terenul cel mai fertil pentru paradoxuri originale îl oferă astăzi ramurile cele mai profunde ale științei.

Asemenea paradoxuri apar, de exemplu, atunci cînd se încearcă să se extrapoleze, la scara întregului univers, rezultate obținute pentru sisteme naturale relativ restrînse, mărginite. Două asemenea rezultate ale teoriei s-au dovedit de o importanță capitală pentru cosmologie.

Să începem cu cel mai vechi dintre ele, inferat nemijlocit din propozițiile logice ale gravitației universale, introduse în știință de Isaac Newton.

Se știe că printr-un telescop se dezvăluie ochiului planete, sori, nebuloase, galaxii, precum și alte corpuri asupra cărora teoriile moderne nu și-au spus încă ultimul cuvînt. Să ne gîndim că o mare mulțime din aceste obiecte au fost înconjurate cu un fel de „năvod" imaginar, un „sac" de dimensiuni uriașe, avînd eventual forma sferică. Comportarea substanței din acest „sac" nu va depinde de corpurile cerești din afară. Chiar dacă stelele și galaxiile din interior sînt supuse în mod obligatoriu acțiunii stelelor și galaxiilor din afară, o analiză mai atentă ne arată că aceste acțiuni se anulează reciproc în ultimă instanță : forțele de atracție gravitațională trăgînd cu intensitate egală în două direcții opuse, vor da o rezultantă nulă. O consecință imediată a acestui raționament va fi aceea că astronomul este în întregime îndreptățit, atunci cînd studiază proprietățile unei anumite regiuni din spațiu, să considere domeniul respectiv ca fiind fizicește neinfluențat de obiectele cosmice din spațiul înconjurător.

Această independență de restul universului a mulțimii de corpuri astronomie din „sacul" sferic imaginar face ca întreaga lor comportare să depindă numai și numai de obiectele apropiate lor. Dacă se cunoaște formula exactă a forțelor cu care interacționează aceste obiecte, precum și numărul, pozițiile și masele lor, comportarea ulterioară a obiectelor poate fi determinată exact ; așa cum postulase Laplace, în cadrul unei concepții mecaniciste limitate, evoluția ulterioară poate fi prezisă în toate detaliile, fără nici o restricție, dacă nu în mod obiectiv, cel puțin în mod principial. Dar știm că între aceste corpuri, ce interacționează numai prin masele lor, nu poate exista decît atracție. Două galaxii oarecare, flotind liber în limitele gigantice dar totuși finite ale acestui „sac", se vor mișca din această cauză tot mai aproape una de alta (cel puțin dacă nu sînt încărcate fiecare cu sarcini electrice de valori colosale și de același semn, care să compenseze atracția printr-o repulsie).

Extinzînd raționamentul pînă la ultima lui consecință, rezultă că, în extremis, „sacul" cu galaxii își va concentra substanța într-un singur punct. Iar, întrucît universul vizibil există de mai bine de zece miliarde de ani, ar fi fost timp suficient pentru ca fenomenul acesta să se fi întîmplat. Totuși, fotografiile astronomice nu confirmă evoluția către un asemenea cataclism, ceea ce face ca raționamentul de mai sus să pară ca paradoxal. Acesta este paradoxul gravitațional.

Inexistența unor forțe electrice semnificative, capabile să contracareze trendul contracției gravitaționale, schițat nemijlocit pe baza teoriei gravitației a lui Newton, precum și inconsistența evidentă a paradoxului gravitațional (în timp ce bazele sale teoretice sînt fără greș), l-au determinat pe Albert Einstein, primul om care, după Newton, a reluat raționamentele profunde asupra gravitației, să presupună existența unei forțe de un tip special, ce se opune contracției gravitaționale la scară foarte mare. Aceasta a primit denumirea de *forță cosmologică*, în expunerea modelului său static de univers. Ea se instituia și într-o explicație ad-hoc a paradoxului gravitațional. Dar, așa cum a mărturisit mai tîrziu Einstein, el nu s-ar fi hazardat în asemenea supoziții riscate, dacă ar fi bănuit posibilitatea existenței acelui fenomen astronomic cunoscut sub denumirea de „expansiune a universului" sau „fugă a galaxiilor", descoperit de astronomul american Edwin Hubble.

Celălalt fapt din categoria raționamentelor logic perfecte, dar incongruente cu realitatea astronomică, îl constituie *paradoxul optic* al lui Olbers. Enunțul său a fost dat relativ devreme, în 1826, dar nu a putut fi înțeles decît mult mai tîrziu, atunci cînd au început să înflorească modelele de univers în sillajul lăsat de teoria relativității generalizate a lui Einstein și de importanta descoperire astronomică a lui Edwin Hubble.

Să alegem termenii cei mai intuitivi pentru formularea *paradoxului optic*. Să plecăm de la ideea, emanată dintr-un bun simț elementar, că Pămîntul nostru nu ocupă o poziție privilegiată în univers. De aici rezultă că în orice direcție am privi, trebuie să existe un număr indefinit de mare de stele individuale, aparținînd fie Galaxiei noastre, fie grupate împreună cu alte stele în cadrul altor galaxii. Ar urma, firește, ca strălucirea acelor astre să se însumeze pe retina unui privitor oarecare într-un flux imens de lumină ce ar distruge-o în fracțiuni de secundă. Aceeași strălucire ar trebui să fie observată nu doar în prima direcție inspectată de irisul omului, cît și în oricare alta, deoarece aici apare o altă propoziție de bun simț, că nici o direcție nu este mai defavorizată decît alta, tot așa cum nici un punct nu era mai privilegiat ca altul (și, în speță, nici „punctul" unde se găsește Pămîntul) ; în treacăt fie spus, aceste două calități ale spațiului poartă numele de *omogenitate* și *izotropie*.

Cel puțin în cursul nopților fără nori, observatorul cerului ar fi îndreptățit să vadă în toate direcțiile o strălucire egală a bolții cerești, pe al cărei fond luminos nu s-ar mai putea distinge figurile constelațiilor. Dar, știm cu toții, realitatea optică a cerului este diferită de concluzia teoretică. La fel ca un peisaj pointillist, strălucirea bolții cerești poate fi descompusă în puncte luminoase individuale ; nici *Calea Lactee*, cum a arătat de mult Galileo, nu face abstracție de această regulă. Rezultatul teoretic, diferit de realitatea optică a cerului, se numește *paradoxul optic* al lui Olbers.

Prima explicație avansată pentru depășirea paradoxului Olbers a fost următoarea : cu cît stelele sînt mai îndepărtate, cu atît lumina lor este mai slabă. Cea mai mare parte a stelelor sînt atît de îndepărtate, încît lumina care vine de la ele trece pur și simplu neobservată. Totuși, este știut încă din timpul lui Kepler că intensitatea luminii scade invers proporțional cu pătratul distanței. Însă de fiecare dată cînd în cîmpul vederii cad stele de două ori mai îndepărtate decît cele observate pînă atunci, numărul lor din acel strat aflat la distanță dublă va crește de patru ori, ceea ce va compensa efectul scăderii de

patru ori a intensității. În felul acesta, lumina stelelor, oricît ar fi ele de îndepărtate, nu poate să treacă neobservată pe Pămînt, iar intensitatea totală a fluxului luminos va fi infinită, deoarece se compune dintr-o sumă infinită de termeni finiți și egali, care nu pot fi neglijați.

Apoi, cînd s-a descoperit existența unui mediu interstelar de pulbere și gaz, s-a încercat să se treacă peste aspectul derutant al paradoxului, pur și simplu prin explicația că potopul virtual de lumină provenind de la îndepărtatele și incandescentele astre seacă undeva pe drum, absorbit în pătura groasă a prafului cosmic.

Explicația nu se susține pentru cine cunoaște legile radiației termice. Să admitem că lumina este într-adevăr absorbită de praful cosmic. La fel cum nisipul de pe o plajă terestră se încinge absorbind lumina solară, tot astfel și pulberea interstelară și intergalactică urmează să se încălzească dacă stă în mersul luminii astrelor. Ea se va încălzi pînă cînd va ajunge la o stare de echilibru cu radiația incidentă, emițînd ea însăși o radiație și lucrurile ar reveni la starea lor paradoxală...

Singurul mijloc logic de justificare a paradoxului Olbers rezidă tot în fenomenul „expansiunii universului".

Cum a putut fi descoperit un asemenea fenomen, a cărui înțelegere e tulburătoare nu doar pentru reprezentările omului obișnuit, dar și, într-un grad mult mai însemnat, pentru cele ale savantului? Aici și-a spus cuvîntul *astrospectroscopia*, mai ales acuratețea tehnică, atinsă în măsurarea lungimii de undă a radiațiilor optice care provin de la o sursă cerească, sau, precizînd și mai mult lucrurile, de la atomii constituenți ai acelui izvor de lumină. Și pentru că nu există nici un motiv să credem că atomii aflați în altă parte ar avea o comportare diferită de cea care îi este relevată omului de știință într-un laborator de pe Pămînt, se știe exact cine produce lumina de o anumită culoare și, mai mult, caracteristicile acelei culori în microni ori în angstromi, adică valoarea lungimii de undă.

Dacă o sursă se îndepărtează de observator, lungimea de undă pe care o înregistrează efectiv acesta va crește, iar dacă se apropie, se va micșora. Un raționament elementar ne va arăta o dependență explicită între cantitatea cu care s-a modificat lungimea de undă inițială și viteza cu care fuge sursa. Ori, pentru lumina nebuloaselor extragalactice s-a putut vedea o deplasare a lungimii de undă spre valori tot mai mari, o „înroșire" sau o „deplasare spre roșu", deoarece culoarea aceasta

are cea mai mare lungime de undă în spectrul vizibil. Slypher, Lundmark și Hubble au fost cei trei astronomi care, lucrînd independent, au interpretat acest fenomen ca pe un efect Doppler. Următoarea concluzie îi aparține în exclusivitate lui Edwin Hubble. Este vorba despre existența unei proporționalități directe între viteza de fugă (V), a unei galaxii anumite și distanța (D) pînă la aceasta:

$$V = H \cdot D$$

Constanta de proporționalitate (H) poartă numele de *constanta lui Hubble*. Nu toți cercetătorii avînd rezultate majore în acest domeniu indică aceeași valoare numerică a constantei H, incongruențele fiind produse de incertitudinile asupra distanțelor măsurate prin metoda cefeidelor și a supernovelor. Oricum, propoziția concluzivă a acestei cercetări este aproape unanimă: cu cît lumina unui obiect extragalactic este mai roșie, cu atît acesta „fuge" mai repede și este mai îndepărtat de sistemul solar.

Bazîndu-se pe această descoperire, astronomul belgian J. Lemaître a reușit să risipească aparența intrigantă a paradoxului Olbers. Conform efectului Doppler cosmologic, lumina obiectelor îndepărtate va fi cu atît mai slabă, cu cît viteza lor de fugă este mai mare. Fotonii pe care îi emit, îi recepționăm ca avînd lungimi de undă tot mai mari, deci energii tot mai slabe. În felul acesta, ceea ce ajunge pînă la noi de la galaxiile foarte îndepărtate reprezintă, într-adevăr, o radiație de intensitate neglijabilă, și de aceea cerul nocturn apare realmente întunecat.

Astronomii au stabilit nu numai că universul este în expansiune, dar că el își trage începutul într-o fantastică explozie primordială, petrecută în urmă cu zece-douăzeci de miliarde de ani, cifra oscilînd după valoarea acceptată pentru *constanta lui Hubble*. Cum se ajunge la o asemenea concluzie?

Dacă, în general, obiectele cosmice tind să se îndepărteze unul de celălalt, rezultă că, întorcîndu-ne cu gîndul înapoi pe firul timpului, aceste obiecte trebuie să fi fost cîndva apropiate. Cît de aproape? Chiar pînă la punctul cînd, datorită atingerii, ar fi fost un nonsens să se vorbească despre identitățile lor, indiscernabile într-o masă mai mult sau mai puțin amorfă, din care urmau apoi să se nască. Toată această substanță primordială va fi reprezentat un mediu cu calități omo-

gene, un fel de gaz extrem de ionizat, de plasmă. Știm că acest gaz va avea o istorie de parcurs, trebuind să se dilate și să se dividă în obiecte individuale, *protostele* și *protogalaxii*. Mai cunoaștem și faptul că orice gaz se răcește în cursul dilatării. Judecînd după temperatura actuală a stelelor în miezurile lor, vom fi îndreptățiți să spunem că temperatura inițială a acelui mediu primordial se ridica la valori uriașe, cu foarte multe ordine de mărime superioare valorilor stelare obișnuite de astăzi. Rezultă că universul ar fi trebuit să fie, în forma lui primitivă, condensată și nediferențiată, mult mai fierbinte decît îl știm noi acum.

Dilatarea stării primitive a materiei, care a condus de la uniformitate la diferențiere, trebuie să fi durat un timp foarte scurt. Atît de scurt, încît i se poate atribui pe drept cuvînt numele de *explozie*. George Gamow a fost cel care a denumit-o „Marea Explozie" („The Big Bang"), socotind-o responsabilă de structura actuală a lumii. George Gamow a prezis și un fenomen denumit „radiația relictă" și care poate să fie observat de noi astăzi. În ce constă această radiație? Să ne întoarcem cu gîndul la acea stare primară de mare temperatură, la care se afla universul inițial. După cum rezultă din datele termodinamicii, fiecare mediu cald emite o radiație caracterizată printr-o densitate energetică cu atît mai mare, cu cît temperatura este mai mare. În expansiunea ulterioară a universului, deoarece fiecare lungime s-a dilatat, trebuie să se fi dilatat și lungimea de undă a radiației primitive, aflată în echilibru cu starea densă și fierbinte a lumii de atunci. Lungimea de undă a radiației în ziua de azi ar trebui să corespundă unei temperaturi de circa trei grade Kelvin. Este interesant că, încă din 1940, un astronom canadian arăta că intensitățile liniilor de absorbție ale moleculelor din radicalul cian *(CN)*, prezent în mediul interstelar, mărturiseau existența unei radiații de acest tip; totuși, în anii războiului al doilea mondial, știrea aceasta a trecut neobservată.

Abia în 1965, comunicarea inginerilor americani Penzias și Wilson, privind descoperirea unei radiații corespunzînd unei temperaturi de aproximativ trei grade Kelvin, a produs senzație. Ea confirma ideile apărătorilor teoriei universului în expansiune. De fapt, acest fond de radiație slab, ce pare să scalde întregul univers, este cel mai puternic argument în favoarea expansiunii cosmologice.

În primii ani după descoperire, caracteristica cea mai importantă a „radiației relicte" părea să fie *izotropia* sa, cu alte cuvinte egalitatea intensității ei pentru toate direcțiile din spațiu.

În anul 1976 a putut fi observată, însă, o anizotropie mică, dar semnificativă. Pentru a reduce efectul parazitar al surselor terestre de radiație pe această lungime de undă, instrumentele de captare a radiației au fost montate pe un avion ce zbura la mare altitudine. Cu această ocazie s-a descoperit că temperatura aparentă a radiației este mai mare într-o direcție și mai scăzută în direcția diametral opusă. Acest fenomen poate fi interpretat în mod natural ca un *efect Doppler*. Pămîntul se mișcă, împreună cu Soarele și cu Galaxia, într-o direcție care intersectează bolta cerească într-un punct aflat în constelația *Leul*. Viteza de deplasare este de ordinul a patru sute de kilometri pe secundă; De mult mai multă vreme se știe că Pămîntul se mișcă în jurul Soarelui cu viteza de treizeci de kilometri pe secundă. De asemenea, că Soarele se îndreaptă, împreună cu sistemul său planetar, către un punct numit Apex ce se află în constelația *Hercule*, cu viteza de trei sute de kilometri pe secundă. Dacă se însumează geometric cele două componente ale vitezei, se obține o rezultantă de vreo șase sute de kilometri pe secundă, orientată undeva către constelația *Hidra*.

Cauza acestei deplasări înspre constelația *Leul* ar fi pur și simplu forța de atracție exercitată asupra Galaxiei noastre de către o monstruoasă și imensă aglomerare cosmică de masă gravifică. Într-adevăr, observații ale astronomiei în raze X par să sugereze că într-un anumit moment al istoriei universului, mult după Big Bang, s-ar fi format o regiune foarte largă de densitate superioară (cu puțin) mediei. Forța gravitațională exercitată de această masă suplimentară trage întreaga Galaxie (și, implicit, Terra) către ea. Datele de observație în raze Roentgen, efectuate cu ajutorul satelitului Ariel, evidențiază existența acestei mase în aceeași direcție în care se face mișcarea Galaxiei pe fondul „radiației relicte" de microunde. Ce fel de masă este aceasta? Pentru că ea nu a putut să fie detectată pînă acum prin procedurile clasice ale astronomiei optice, se presupune că aceasta trebuie să fie situată la o distanță foarte mare. Astrofizicienii britanici Andrew Fabian și Robert Warwick estimează că se află la aproximativ zece miliarde de ani-lumină de noi. Dimensiunile geometrice ale acestei aglo-

merări de materie, înregistrînd o densitate doar cu un singur procent superioară valorii mijlocii a densității universului, ar fi de circa trei miliarde de ani-lumină și ea ar conține o masă de zece miliarde de miliarde de sori egali cu al nostru. În orice caz, scara mărimilor geometrice și masice o depășește cu mult pe aceea a oricărei concentrații de materie cunoscute pînă acum, așa cum ar fi *supraroiurile de galaxii*.

Descoperirea mișcării Pămîntului pe fondul „radiației relicte" ne poartă cu gîndul înapoi, la o experiență celebră, efectuată la sfîrșitul secolului XIX de Michelson și Morley, prin care se încerca să se evidențieze deplasarea Pămîntului în raport cu un mediu ipotetic, suport al radiațiilor luminoase, *eterul*. Rezultatul negativ al experienței a fost, se știe, începutul unei mai bune înțelegeri a spațiului și timpului. Descoperirea faptului că Pămîntul se mișcă în raport cu „radiația relictă" confirmă, în vreun fel, speranța pusă înainte de experimentul Michelson—Morley ? În nici un fel ; pentru că „radiația relictă" nu poate fi în nici un caz identificată cu eterul luminos ; fenomenul respectiv nu pune în evidență deplasarea Pămîntului în raport cu un ipotetic reper absolut, ci numai în raport cu materia ce a emis radiația de fond.

Această radiație și-a mărit lungimea de undă în urma fenomenului *expansiunii cosmologice*, transformîndu-se în ceea ce noi numim „radiație relictă". Fondul radiației de microunde este cel mai vechi lucru din univers, de prezența căruia sîntem conștienți prin intermediul aparatelor.

Cît de veche este această radiație ? Se consideră că ea datează din epoca formării primilor atomi, atunci cînd electronii liberi s-au „lipit" de nuclee, eliberînd cu această ocazie energia excedentară sub forma unor cuante de lumină. Se consideră, de asemenea, că formarea primilor atomi ar fi avut loc la aproximativ un mileniu de la Big Bang, ceea ce reprezintă o durată moderat de scurtă. Se mai consideră că atunci temperatura universului va fi scăzut într-o măsură suficientă pentru ca electronii să se poată lipi de nuclee.

O mie de ani de la începutul timpului este, într-adevăr, ceva deosebit de incitant pentru imaginație, deoarece noțiunea poetică de „veșnicie" este atît de întipărită în conștiință, încît omul refuză să creadă că există un moment *zero absolut* pentru timp, similar cu zeroul absolut al temperaturilor. Concepția despre infinitatea timpului este un reflex al unor idei mecaniciste desuete : faptul că, regresînd pe firul fenomenelor, ar putea fi făcuți oricît de mulți pași înapoi.

După constituirea atomilor, trebuie să se fi format, apoi, *radiogalaxiile*, peste încă un milion de ani. Cercetătorii cerului mai speră că o viitoare analiză fină a acestei radiații de fond va reuși să pună în evidență neomogenități corelate cu momentele de geneză ale radiogalaxiilor primitive.

Ne putem întreba în continuare dacă se va ajunge, pe linia investigațiilor astronomice moderne, încă și mai aproape de originea timpului.

Am văzut că, deocamdată, studiul „radiației relicte" ne duce „doar" la o mie de ani de la Big Bang. Cunoștințele noastre despre momentele mai apropiate de Big Bang reprezintă produsul inferențelor din teoria particulelor elementare, din experiențele implicînd energii mari făcute în acceleratoare enorme.

Dar ar mai fi încă o speranță. Atunci cînd s-au format nucleele atomice trebuie să se fi generat și o anumită cantitate de cuante gamma, prin tranziții ale nucleelor din stări excitate în starea fundamentală. Într-un fel, fenomenul ar fi analog cu cel petrecut la formarea atomilor, cînd a fost emisă acea radiație electromagnetică observată acum sub formă de microunde. Evidențierea celui de al doilea tip de radiație relictă, corespunzînd sintezei nucleelor atomice, ne-ar duce la observarea unui fenomen ce a avut loc la numai o oră de la Big Bang. Aceasta ar fi o descoperire cu implicații profunde asupra modului nostru de a gîndi și ar sublinia, de asemenea, calitatea foarte înaltă, atinsă în raționamentele științifice ale omului.

Pentru intervale de timp și mai scurte de la Big Bang, materia trebuie să fi avut proprietăți neobișnuite, astfel încît aplicarea conceptelor și legităților inferate din proprietățile observabile ale materiei „obișnuite" trebuie făcută cu multă prudență. Fizicienii încearcă, totuși, să schițeze un tablou al evoluției universului pentru acea stare a materiei.

La început se spune că ar fi existat o „supă universală" atît de fierbinte și de concentrată, încît, prin comparație, centrul Soarelui nostru ar părea un mediu extrem de rarefiat și de rece. Materia era făcută atît din ingrediente comune lumii noastre (protoni, neutroni), cît și din particule masive de înaltă energie, care la ora actuală se întîlnesc rar și se obțin cu foarte multă dificultate, în acceleratoare, și care luau parte la reacții exotice, pe fondul unei radiații incredibil de intense. Substanța

și energia arătau, în primele fracțiuni de secundă de la Big Bang, o asemenea labilitate și intersanjabilitate, încît abia dacă puteau fi descrise ca entități separate.

Și cîteva cuvinte despre interacțiunile care guvernau procesele fizice. Se știe la ora actuală că natura fizică este modelată prin acțiunea unui număr de patru tipuri de forțe sau interacțiuni : gravitațională, slabă, electromagnetică, tare. Raporturile dintre aceste forțe manifestă disproporționalități imense : dacă se alege ca unitate mărimea forței gravitaționale, atunci interacțiunea de tip slab ar avea totuși intensitatea 10^{25}, cea de tip electromagnetic ar fi de 10^{37}, în fine, cea tare ar fi de 10^{39} ori mai mare.

Se crede, totuși, că pe atunci, datorită concentrării uriașe a materiei, nu exista această discrepanță între ordinele de mărime, că interacțiunea gravitațională era la fel de intensă ca și cea tare, că toate tipurile de interacțiune erau unite într-o forță primordială. Sau, judecînd de la cauză la efect, cele patru genuri de forțe fundamentale pe care le putem observa în universul de azi, sînt în realitate frînturi rupte dintr-o singură forță primordială. Realmente, din analiza fizică a forțelor cunoscute, reiese că pe măsură ce energia interacției dintre particule crește, se modifică și intensitățile forțelor, cele slabe mărindu-și intensitatea, iar, proporțional, forțele tari vor slăbi. La o energie suficient de înaltă — care nu poate fi obținută experimental — toate forțele din natură ar ajunge să fie caracterizate prin aceeași valoare a intensității, astfel încît ele ar deveni indiscernabile una de alta din punctul de vedere al ordinului de mărime. Cu alte cuvinte, pe măsură ce densitatea de energie crește, raporturile dintre tăriile forțelor se modifică și ele. Astfel de densități fantastice ale energiei ar fi fost poate un lucru comun în prima fracțiune de secundă de la Big Bang.

În urma răcirii și expansiunii universului, o mare parte din această energie s-a pierdut. Forța gravitațională s-a desprins cea dintîi din trunchiul comun (numit *forța unificată*).

La o scădere și mai accentuată a densității de energie, s-au desprins și interacțiunile slabe, rămînînd „lipite" numai forțele electro-tari. În final, la o ulterioară micșorare a densității energetice, acestea două se separă într-o forță electromagnetică și o interacțiune tare.

În acord cu cosmologia modernă, evoluția timpurie a universului a fost marcată de o succesiune de „ere" distincte.

Prima „eră", care durează aproximativ 10^{-43} dintr-o secundă de la momentul zero, este o necunoscută completă pentru astrofizicieni și cosmologi, necunoaștere reflectată în denumirea „haos", dată acelei epoci.

În fine, acel moment de 10^{-43}s a determinat un moment de cotitură, începutul „erei hadronilor". *Hadronii*, în fizica de astăzi a particulelor elementare, reprezintă numele generic pentru toate particulele grele. Pe parcursul acestei mini-ere, densitatea scade de la 10^{94} g/cm^3 pînă la 10^{14} g/cm^3, dar, oricum, materia rămîne atît de concentrată, încît este capabilă să rețină toate particulele neutrino, al căror caracter extrem de eluziv este unanim recunoscut. În aceeași perioadă temperatura scade, de la circa 10^{32}K, cu vreo douăzeci de ordine de mărime. Toate acestea au avut loc pînă la aproximativ o zecime de secundă de la momentul zero.

Se intră după aceea într-o fază a „leptonilor", particule ușoare, cum ar fi electronii sau muonii. Materia va fi devenit mai puțin concentrată, așa că unii neutrini pot să scape. Temperatura mai scade cu încă două ordine de mărime, iar densitatea materiei se micșorează pînă la un kilogram pe centimetru cub ; la sfîrșitul acestei faze se vor fi scurs 20 de secunde de la începutul timpului.

Urmează cea de a patra epocă, „a radiației". Electronii și pozitronii se combină și dau naștere radiației electromagnetice. În același timp se formează nucleele de hidrogen greu prin combinarea neutronilor cu protonii, dar totul este încă prea fierbinte pentru ca aceste nuclee să reziste ; abia atunci cînd temperatura va depăși numai cu puține ordine de mărime valoarea existentă în centrul Soarelui, vor căpăta și nucleele de hidrogen greu dreptul la existență mai îndelungată. O parte din acești *deuteroni* (altă denumire dată nucleelor de hidrogen greu) se combină cu protoni sau neutroni sau chiar unii cu alții și produc nucleele de tritiu și heliu. Cu această ocazie, radiația poate să scape și să se propage în univers. Finalul acestei vîrste e caracterizat de o răcire pînă la 3 000 K și de o scădere dramatică a densității substanței. În această epocă se vor produce și primii atomi și va fi generată „radiația relictă". Este, însă, caracteristic faptul că nu pot exista încă atomi mai mari decît atomul de heliu, întrucît heliul este incapabil să colecteze alți *nucleoni* și să formeze nuclee stabile mai grele. Elemente mai grele vor fi produse abia în epoca următoare, a „materiei", inițiată la un milion de ani de la Big Bang. Atunci se vor forma primele stele, primele galaxii, primele roiuri de galaxii.

Capitolul XII | QUASARII

Quasarul este un cuvînt hibrid, acronimul de la „radiosursă cvasistelară", (quasar și respectiv „quasistellar radiosource" în limba engleză). Termenul definitoriu ne spune destule, dacă nu despre natura sa, atunci cel puțin despre aparența sa. Într-adevăr, el este un obiect-sursă care emite, pe lîngă lumină, unde radio, părînd observatorului ca un fel de stea.

Descoperirea quasarilor a devenit posibilă abia atunci cînd a fost obținut un succes instrumental mare în precizia determinării unghiurilor cu ajutorul radiotelescoapelor. În mod constant, după 1950, se constată o tendință ireversibilă de îmbunătățire a preciziei localizării obiectelor radioastronomiei pe bolta cerească. Nu ar fi exagerat să spunem că posesorii și constructorii acestor telescoape hertziene au simțit un moment de ușoară dezamăgire, după elanul inițial, stîrnit de mersul instrumentului cel nou. Motivația stătea, însă, în firea proiectanților și utilizatorilor marilor radiotelescoape, care în privința aceasta nu se deosebesc întru nimic de restul speciei umane. Prea multe speranțe specifice, prea multe așteptări particularizate s-au pus în noile instrumente. Cercetătorii domeniului se așteptau literalmente să curgă cu descoperiri, proporțional cu precizia aparaturii să crească și numărul emițătorilor cosmici identificabili cu obiecte optice (în speță cu galaxii). Poate că pentru multe dintre acele surse, aflate în planul *Căii Lactee*, cauza eșecului de identificare, a imposibilității de suprapunere cu vreun obiect vizibil în același loc pe boltă, să fi constat în obturarea imaginii optice de către norii de praf cosmic dinlăuntrul propriei noastre Galaxii.

Dar pentru obiectele situate la distanță unghiulară mare față de planul galactic mai stătea în picioare același raționament prohibitiv, aceeași interdicție ? Unii radioastronomi au

încercat să-l extindă și la spațiul intergalactic, spunînd că și acolo trebuie să existe nori de pulbere cosmică absorbind lumina și lăsînd să treacă doar undele radio cu lungime de undă depășind cu mult limita pînă la care ochiul omenesc mai este sensibil.

Prima străpungere notabilă în acest obstacol, la care părea că se oprise cercetarea radioastronomică, s-a produs după 1963. Ea a avut loc într-o direcție neașteptată de cercetătorii astrofizicieni. Eroii acestei străpungeri sînt obiecte cosmice cu frumoase apelative întîlnite mai curînd în romanele științifico-fantastice : 3C 48, sau 3C 273. Să dăm acum și lămurirea misterului acestor criptografii : 3C înseamnă, simplu, al treilea catalog de surse radio, compilat de astronomii de la Cambridge, iar 48 și 273 sînt doar numere de ordine ale corpurilor din acest faimos catalog.

Astrofizicianul care a identificat sursa 3C 48 a reușit să o plaseze pe bolta cerească în limitele unui dreptunghi de dimensiuni foarte mici. El a mai constatat că singurul obiect pe fotografia acelui dreptunghi în mod practic nu se putea deosebi de o stea, posedînd aceeași aparență punctiformă. El știa, însă, că o stea trebuie să ocupe un anumit loc în diagrama Hertzsprung-Russel, că pentru un anumit tip de spectru ea trebuie să se înfățișeze cu o luminozitate bine determinată observatorului.

Și atunci Mathews, astrofizicianul în cauză, începu, meticulos, să-i deslușească spectrul, operație prin care s-ar fi răspuns la cele două întrebări deodată : prin liniile prezente i-ar fi spus clasa spectrală, după metoda lui Saha, iar după deplasarea spre roșu a liniilor i-ar fi spus cu ce viteză fuge de noi, și relația lui Hubble i-ar fi găsit distanța. Un fior de uimire trebuie să-l fi scuturat pe Mathews văzînd că spectrul este alcătuit dintr-un fond de lumină continuă, pe care se suprapuneau o serie de linii transversale, ce nu corespundeau la nimic cunoscut în univers. Deși faptul era extrem de bizar, Mathews, un cercetător prudent și de mare probitate, s-a ferit să enunțe ipoteze ori să anunțe concluzii pripite și fanteziste. El și-a pus numai în surdină întrebarea : să fi fost aceasta prima *radiostea* veritabilă, descoperită de astrofizica terestră ?

Răspunsul definitiv avea să mai aștepte însă doi ani, pînă ce va fi dat de Maarten Schmidt, un astrofizician olandez, care făcea, însă, astronomie optică la Mount Palomar, în America de Nord. El și-a ales un alt obiect din acel catalog, 3 C 273 și a pus

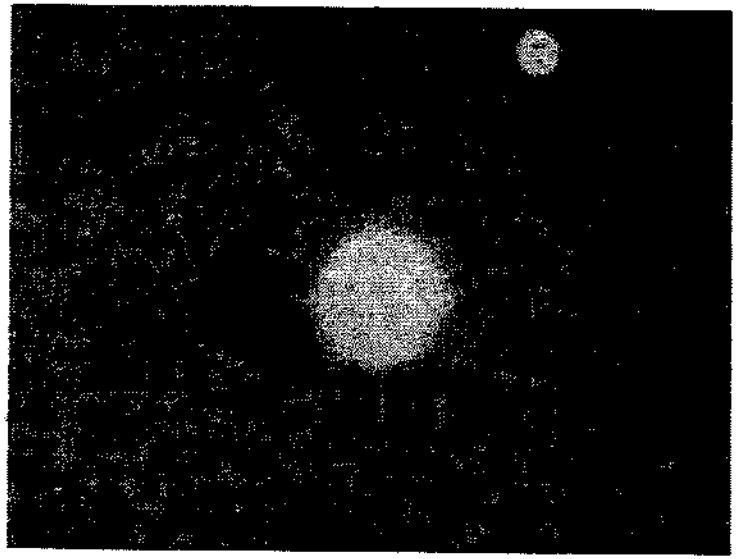


Fig. 22 Fotografia celebrului *quasar* 3C273.

la lucru discul lunar, urmărind pur și simplu momentul dispariției semnalului datorită ecranării obiectului extragalactic de către Lună. Din nou, acesta se identifica optic cu o stea. Timp de un an de zile nu a putut înțelege ce elemente corespundeau enigmaticelor linii din spectru. Pînă cînd, într-o zi din februarie 1963, a înțeles. Erau liniile strălucitoare ale hidrogenului din seria Balmer, însă atît de mult deplasate spre roșu din pricina efectului Doppler cosmologic, încît „viteza de fugă" mărturisită părea fantastică : o treime din viteza luminii în vid ! Prin relația lui Hubble, depărtarea acestei radiosurse s-a dovedit uluitoare chiar unui om obișnuit cu standardurile astronomice : 10 miliarde de ani lumină ! Maarten Schmidt și colegii lui au denumit-o *quasar*, nume sub care au cuprins în curînd și alte obiecte cerești similare, adică punctiforme ca aparență și avînd atît emisie radio, cît și optică.

Cercetarea noilor quasari trebuie să se dezbare, însă, de tiparele meșteșugărești lente, în care avusese loc descoperirea lor pînă acum. Să recapitulăm pe scurt aceste etape metodologice. Se identifica la început, cu eroarea minimă, o sursă de unde radio bănuită că ar fi extragalactică, dar despre care nu

se mai știa altceva. Apoi, locul de pe boltă, unde se credea că se găsește sursa, era fotografiat prin oglinda unui telescop optic uriaș. La sfîrșit se examina imaginea în limitele carcului de erori așteptate. Și dacă pe placa fotografică în acel loc se afla imaginea unei stele, speranța descoperirii *quasarului* sporea. Dar el nu era confirmat ca atare decît după ce se vedea că spectrul noului obiect posedă o neobișnuită „deplasare spre roșu", pusă pe seama expansiunii cosmologice, implicit a depărtării *quasarului*. Calea este sigură, însă fără îndoială că este și trudnică. Se impunea o metodologie mult mai productivă atunci cînd radioastronomii au inițiat o căutare frontală de quasari noi. Pentru asta se parcurge drumul cercetării pornindu-se de la un punct situat mai aproape de țel, nu de la radiotelescop, ci de la telescopul optic. Prin acesta se fotografiază mai întîi cîmpul de stele fixat de curiozitatea observatorului. Apoi se pune un filtru care nu lasă să treacă decît ultravioletele, se deplasează foarte puțin placa fotografică și se face a doua poză pe aceeași placă. Imaginea ultravioletă a unui astru candidat la titlul de *quasar* va apare mult mai strălucitoare în cea de a doua poză. Abia acum se începe o investigare a „deplasării spre roșu" a spectrelor, pentru a se confirma apartenența la clasa *quasarilor*.

În felul acesta, numărul de noi descoperiri a crescut simțitor într-un scurt interval de timp.

Quasarii sînt cele mai îndepărtate faruri cosmice observate de om, mult mai distanțate decît orice galaxie. De exemplu, pentru *quasarul* 3C 286 s-a găsit o distanță de 22 miliarde de ani-lumină, care îl situează practic la limita universului vizibil. Deși de regulă astronomul profesionist se ferește să-și construiască reprezentări emoționale ale conceptelor abstracte cu care operează și ale concluziilor teoretice la care ajunge, de data aceasta tentația ce i se oferă, de a coborî de la nivelul cifrelor și formulelor la cel al imaginației, e prea mare. „Este incredibil", exultă Allan Sandage, „piatra filozofală a fost găsită de generația noastră !". Sandage este un astronom de la Mount Palomar, care și-a început cariera științifică în 1951 ca asistent al lui Edwin Hubble, lărgind apoi opera inițiată de acesta. În aserțiunea lui entuziastă, el face aluzie la unul dintre conceptele metafizice căutate de scolaștii medievali. Însă și altor astronomi, faptul că pot „vedea" marginile universului le insuflă sentimente înălțătoare. Ei sînt nu doar vrăjiți de faptul că imaginea pe care o văd este așa de distanțată, cît și de faptul că aceasta trebuie să fie extrem de veche, de 10 sau 20 miliarde

de ani, înfățișînd probabil chipul universului de după Marea Explozie.

Dar chiar aceste spectaculare succese ale observației duc la dificultăți teoretice aproape insurmontabile. Pentru că un *quasar* poate fi văzut de la o asemenea distanță, rezultă că el trebuie să emită de o mie de ori mai multă energie decît cele 150 de miliarde de stele ale Galaxiei noastre împreună. Iar uimirea noastră la închipuirea prodigioasei revărsări de energie va spori, dacă ne gîndim că un *quasar* radiază și în spectrul vizibil, și în cel al undelor radio, și în ultraviolete și în infraroșu. De altfel, maximul puterii vizibile nu se înregistrează în gama optică, ori în cea hertziană, ci în infraroșu.

Apoi s-a dovedit că dimensiunile spațiale, măsurate de un *quasar*, sînt comparabile cu cele ale sistemului nostru solar. Scara de lungimi este prea mică în raport cu monstruozitatea fluxului de energie electromagnetică revărsată în cosmos de un *quasar* oarecare. Nici un fel de reacții termonucleare cunoscute, ce s-ar desfășura în limitele volumului mai sus menționat, nu sînt în stare să explice acest fenomen, afirmă unii astrofizicieni. Și, evident, nu s-ar putea spune că tocmai lipsa de imaginație creatoare e ceea ce îi caracterizează pe astrofizicieni.

Nu s-a ajuns să se construiască pînă acum nici un fel de mecanism fizic, dacă nu integral confirmat, cel puțin perfect plauzibil, pentru explicarea nemaivăzutelor cantități de energie eliberate de surse atît de mici și de distanțate. Și atunci astrofizicienii care se ocupă de quasari s-au împărțit temporar în trei grupuri, care polemizează unul cu altul, uneori pe tonuri destul de aprinse.

Primul grup, cel mai numeros, reprezintă punctul de vedere clasic. El susține, pe de o parte, că observațiile noastre sînt corecte și că trebuie să le acordăm încredere, pe de altă parte că bazele principiale ale fizicii, cu care se operează în studiul structurii universului, sînt valide și la scara acelor distanțe de la care emit *quasarii* și că rezolvarea dilemelor actuale din înțelegerea quasarilor va veni treptat, pe măsură ce se va acumula un nou material faptic și se vor elabora modele tot mai sofisticate și mai eficiente ale *quasarilor*.

Un *al doilea grup* de astronomi, mult mai restrîns, afirmă că a sosit din nou vremea unor revoluții fundamentale în teoriile noastre științifice (în sensul lui Thomas Kuhn), că datorită acestor idei clasice, învechite și inaplicabile la scară metagalactică, nu putem înțelege natura observațiilor asupra *quasarilor*.

În fine, un *al treilea grup*, ai cărui reprezentanți mai remarcabili sînt americanul Halton Arp și sovieticul Voroțov-Veliaminov, acordă respectul cuvenit paradigmelor fizicii actuale, dar pun în schimb la îndoială valabilitatea „deplasării spre roșu", ideea sacrosanctă a astronomiei extragalactice de la Hubble încoace. După aceștia, *quasarii* sînt obiecte cosmice relativ apropiate și, dacă nu banale, cel puțin ușor inteligibile cu conceptele de azi ale astrofizicii. Halton Arp produce în sprijinul tezelor sale fotografii de *quasari*, luate cu meșteșugul profesional al unui Nadar. În acestea, *quasarii* par proiectați pe fondul unor galaxii mai îndepărtate decît ei, deși ordinea distanțelor, sprijinită de majoritatea astronomilor, se prezintă invers.

Astronomii din primul grup, cel raliat punctelor de vedere clasice din „știința cerului", au catalogat concepția lui Halton Arp ca pe o adevărată erezie. I s-a adus, în primul rînd, acuzația că probele prezentate în defavoarea „deplasării spre roșu", deci implicit contra „expansiunii universului", sînt niște regretabile accidente statistice, supralicitate de Arp într-o manieră tendențioasă. Iar puternicul grup de astronomi „tradiționaliști", condus de Allan Sandage, directorul observatoarelor de la Mount Palomar, a reacționat la fel ca biserica medievală față de o blasfemie. Deși Halton Arp face și el parte din colectivul de cercetare de la Mount Palomar, i s-a interzis pur și simplu accesul la marele telescop cu oglinda de cinci metri. Și se mai spune că, deși biroul lui Arp se găsește la același etaj al clădirii unde este și cabinetul lui Sandage, acesta din urmă nu i-a mai adresat nici un cuvînt de peste un deceniu ! În fine, în cercul astrofizicienilor cu interese în *quasari* și cosmologie, mai circulă și zvonul că redactorul unei reviste internaționale de astrofizică ar fi fost puternic influențat de către un eminent astronom, să nu permită publicarea unui articol unde se exprima ideea că în realitate *quasarii* sînt corpuri cerești apropiate.

Dar cît de obiective sînt argumentele pe care le avansează Halton Arp ? Se pare că raționamentele sale „neortodoxe" în astrofizică se bazează pe un număr destul de redus de fotografii, în care apar *quasari* foarte apropiați între ei, dar care înfățișează în același timp deplasări cosmologice diferite. De aici ar rezulta că acești *quasari* s-ar găsi la distanțe felurite, inegale. Faptul că vedem *quasarii* aglomerați în jurul aceluiași punct

de pe placa fotografică poate fi interpretat și ca o posibilă aliniere a lor pe aceeași direcție. Circumstanța aceasta trebuie interpretată ca un accident statistic, ori ca o realitate astronomică indubitabilă și care poate fi generalizată? Căutarea alinierii prin inspectarea plăcilor fotografice cu ochiul liber este o operație în care intervin inevitabile erori de apreciere. Căci ochiul omenesc este un instrument imperfect pentru a putea executa, infailibil, o asemenea sarcină. Se știe că el are o tendință naturală de a descoperi „figuri", acolo unde ele nu există de fapt. (Unele teste psihologice se bazează tocmai pe această tendință). Există oare mijloace mai precise, mai puțin subiective decît acelea folosite de Arp, de a evalua distribuția *quasarilor*?

Se pare că procedurile statistice rafinate, inventate de matematicieni, precum și tehnica modernă de calcul electronic, oferă o asemenea posibilitate. O analiză statistică trebuie să ia, însă, în considerare un număr mai mare de obiecte decît acelea la care s-a oprit Halton Arp. Cu acest scop au fost aleși, la întîmplare, peste o sută de *quasari*, căutîndu-se dacă există sau nu un exces de aliniere în distribuția lor în univers. În mod concret, procedeul începe printr-o catalogare a tuturor combinațiilor arbitrare posibile de cîte trei *quasari*, continuîndu-se cu o evaluare a valorilor unghiurilor din aceste triunghiuri. Într-unele din triunghiurile din această mulțime există cîte un unghi obtuz (deci mai mare decît 90°). Dacă valoarea acestui unghi este foarte mare, să zicem că depășește 179° (dar, bineînțeles, mai mică decît 180°), înseamnă că există o anumită aliniere între cei trei *quasari*. Statistica spune aprioric care este fracțiunea de triunghiuri, din mulțimea dată, care pot avea unul dintre unghiuri mai mare decît 179°. Dacă analiza numerică găsește o cantitate mai mare de asemenea triunghiuri decît cea așteptată, atunci înseamnă că există, realmente, un fenomen de aliniere a *quasarilor* și ipoteza neconformistă a lui Halton Arp este justificată. Totuși, calculele statistice corespunzătoare, făcute cu ajutorul computerului, nu au arătat un exces de aliniere, ceea ce este un argument puternic împotriva ideilor lui Arp.

Totuși, s-ar putea ca obiecțiilor lui Halton Arp să li se răspundă definitiv abia la epoca în care va începe să lucreze marele telescop orbital, plasat pe o traiectorie circumterestră.

Opiniile lui Halton Arp, așa cum am mai subliniat, nu sînt împărtășite de majoritatea cosmologilor și astronomilor. Exis-

tența *quasarilor*, ca obiecte cosmologice și extragalactice, pare în ochii acestora un fapt științific suficient de bine stabilit pentru ca să aibă sens munca teoretică de construire a unor modele valide pentru quasari.

Pe la mijlocul anilor 1960, numărul ipotezelor și al modelelor de *quasari* depășea în proporție însemnată numărul autorilor acestor studii. La ora actuală, sugestiile teoretice, care s-ar institui în tot atîtea explicații privind natura *quasarilor*, s-au mai rărit. Paralel cu această temperare a entuziasmului, cercetarea a cîștigat în profunzime, prin utilizarea unor metodologii de observație noi, care au permis o cartografiere în detalii fine a *quasarilor* și *radiogalaxiilor*.

Cercetările mai timpurii din acest domeniu evidențiaseră faptul că portretele radiosurselor îndepărtate erau adesea constituite din cîte doi *lobi*, dispuși mai mult sau mai puțin simetric față de nucleu. La început, tabloul era tipic doar pentru radiogalaxii. La creșterea rezoluției unghiulare, același tablou a fost descoperit și la *quasari*. Explicația ar fi aceea că din *quasari*, la fel ca din nucleele radiogalaxiilor, ar fi expulzați, în direcții diametral opuse, nori de electroni cu viteze apropiate de viteza luminii. Dar la o sporire ulterioară a rezoluției unghiulare acest tablou mai rămîne valabil? Se pare că nu. *Quasarii* și *radiogalaxiile* sînt două categorii diferite de obiecte astronomice.

De asemenea, să nu pierdem din vedere deosebirea fundamentală dintre *quasari* și *radiogalaxii*: ordinele de mărime ale luminozităților. Astfel, puterea de emisie a *quasarilor* este de o sută pînă la o mie de ori mai ridicată decît a „campioanelor" la strălucire dintre radiogalaxii.

Dar trebuie, totuși, să amintim faptul că una dintre primele ipoteze avansate despre natura *quasarilor* a fost aceea că ele ar fi în esență tot niște galaxii. În fine, nu galaxii de talie normală, ci un fel de galaxii pitice și extrem de compacte. Sugestia este, poate, cea mai naturală, însă ea nu e în stare să explice o particularitate esențială a radiației optice a *quasarilor*: lumina lor e modulată, variază în timp, ca legea sinusului, cu perioade de săptămîni sau luni de zile. Identificarea *quasarului* cu o galaxie ar pretinde ca miliardele de stele ce s-ar afla în interiorul acestuia să-și sincronizeze inimaginabil de perfect modulațiile, pentru a produce variații armonice ale strălucirii.

Un al doilea model este cel al „concentrării supernovelor". Din constatările făcute pînă acum pentru galaxiile cele mai apropiate, se știe că există probabilitatea ca într-un secol, sau două, sau trei, să se întîmple explozia catastrofală a unei stele dintr-o galaxie anume. Acea stea explozivă se numește *supernovă*. Strălucirea ei la climax durează cîteva zile. Atunci astrul emite tot atîta lumină cît toate stelele galaxiei la un loc. O altă premiză, pe care se bazează construcția acestui model, este faptul că în partea centrală a unor galaxii se produce o intensă formare de stele. Aglomerația posibilă de astre în centrul galaxiei ar putea să antreneze, accidental, ciocnirea unora dintre ele. Stelele în coliziune ar face explozie în chip de glorioase *supernove*. Unda de șoc, generată cu acest prilej, ar induce eventual apropierea periculoasă dintre alte stele, ciocnirea succesivă a unor perechi în fulminante și strălucitoare explozii. Menținîndu-se ritmul constant de o explozie la cîteva zile, s-ar emana atîta lumină, încît să fie detectabilă de la 10—20 de miliarde de ani-lumină, ceva ce s-ar putea comporta ca un *quasar*. Totuși, cînd șablonul acesta teoretic e comparat cu *quasarul* real, revine vechea incongruență : modelul nu lămurește de ce radiația aglomerării de stele balansează după o lege armonică.

În fine, o altă supoziție, ce pare să cîștige teren la ora actuală, este cea a „golului negru" central (vezi capitolul *Fantome negre în univers*).

Construcția teoretică, dezvoltată din această idee, va da satisfacție numai dacă „golul negru" ar cîntări nu mai puțin decît vreo sută de milioane de sori, de mase solare. Să ne imaginăm acum întregul scenariu. În jurul „golului negru" ar putea să se afle compoziția materială obișnuită din regiunea centrală a unei galaxii : nori de praf și de gaz, precum și stele cu nimic ieșite din comun. Forțe gravitaționale ciclopice vor împinge, în această prăpastie fără fund, praf din nebuloasele interstelare, sau gaz emanat de astrele fierbinți în cursul evoluției (sub formă de „vînt stelar"). Apropiindu-se tot mai accelerat de „golul negru", acest material rarefiat se va comprima într-un ritm catastrofal. Din această cauză se va încălzi pînă la temperaturi de miliarde de grade, transformîndu-se într-o plasmă extraordinar de fierbinte. În acord cu legile radiației termice, plasma generează fluxuri de radiație electromagnetică deosebit de intense. Modelul *quasarului* cu „gol negru" central ar putea,

eventual, să explice variabilitatea emisiei obiectului real prin variabilitatea periodică a regimului „precipitațiilor" de materie interstelară, antrenată în colapsul gravitațional. Teoria mai sus expusă, satisface și opiniile acelor radioastronomi care susțin identitatea genetică a radiogalaxiilor și *quasarilor*. Între ele nu ar exista decît o diferență de virstă, *quasarii* reprezentînd faze mai timpurii, iar *radiogalaxiile*, faze mai tîrzii, ale aceluiași gen de obiecte.

Totuși, ideea aceasta nu este sprijinită de descoperirile cele mai recente, făcute prin intermediul unei noi metodologii astronomice, și anume, *interferometria* cu bază foarte largă.

Se știe că puterea optică a unui instrument astronomic este măsurată prin distanța unghiulară minimă, care poate fi distinsă pe cer cu ajutorul acelui instrument. Această distanță este direct proporțională cu lungimea de undă pe care se face investigația astronomică (sau radioastronomică) și invers proporțională cu lărgimea bazei instrumentului astronomic (de pildă, diametrul oglinzii telescopului). Dacă vopsim în negru oglinda unui telescop, exceptînd două arii mici și diametral opuse de pe margini, cele două „cioburi" de oglindă sînt totuși capabile să dea imaginea totală, însă de o intensitate luminoasă mult mai slabă. Evident, cele două „cioburi" costă mult mai puțin decît toată oglinda. Dacă, în locul unei oglinzi foarte mari, exorbitant de scumpe, se folosesc numai cîteva „cioburi" marginale, fiecare „ciob" fiind fabricat independent de restul oglinzii, dar toate cioburile putînd să se integreze într-o oglindă ideală, niciodată construită, se spune că s-a realizat „sinteza aperturii". Astfel, „sinteza aperturii" este o metodologie care sporește foarte mult puterea de investigare astronomică, fără să implice cheltuieli prea mari. Această „sinteză a aperturii" se poate folosi și în cazul radiotelescoapelor. Radiotelescoape mici pot fi situate la distanțe de sute de metri, sau de kilometri, și semnalele electrice pe care le recepționează sînt aduse, prin ghiduri de undă, la o unitate electronică centrală, care face sinteza imaginii. O imagine hibridă, pentru că la ea participă informație furnizată de mai multe radiotelescoape. Cît de departe se poate merge cu această tehnică ? În definitiv, dacă radiotelescoapele sînt prea departe, atît rotația Pămîntului, cît și turbulența atmosferică, pot introduce defazaje incontrolabile între semnale. Cu vreo două decenii în urmă, un radioastronom

a demonstrat că dacă se folosește o rețea de cel puțin trei radiotelescoape, acest gen de perturbații se anulează reciproc și se obține o imagine hibridă clară. Pe de altă parte, ghidurile de undă, pe care călătoresc semnalele de la fiecare radiotelescop pînă la unitatea centrală, sînt foarte scumpe. Acest impediment se poate elimina datorită progreselor din orologerie și înregistrarea magnetică a semnalelor video. Evident, semnalele captate de radiotelescop nu sînt semnale video. Însă ele pot să fie înregistrate cu o fidelitate extremă pe benzile magnetice folosite pentru înregistrarea imaginilor de televiziune.

Sincronizarea înregistrărilor semnalelor radioastronomice primite de fiecare antenă este asigurată cu ajutorul ceasurilor atomice. În felul acesta se poate obține (și s-a obținut) un „instrument astronomic" cu o bază de lucru de cîteva mii de kilometri. Nimic nu va împiedica, în viitor, realizarea unei rețele de radiotelescoape plasate pe planete diferite din sistemul solar.

Primele rezultate ale lucrului cu asemenea metodologie, aplicată în special la studiul quasarilor, arată că denumirea lor de *quasar*, de radiosursă cvasistelară (deci, cu aparență stelară, punctiformă) nu este veridică. Se constată acum că misteriosii *quasari* nu seamănă cu nimic, nici cu stelele, nici cu galaxiile cu nucleе foarte energetice, cum s-a crezut la un moment dat. Un *quasar* nu seamănă cu nimic altceva descoperit pînă acum în univers.

Să revenim la primul *quasar* descoperit de Maarten Schmidt, cel cu numele alfanumeric de 3 C 273. Fotografia „clasică" ni-l prezintă ca pe o steluță. Fotografia hibridă, realizată prin metoda descrisă mai sus, ne arată un fel de minge de rugby distorsionată, o minge de foc „mamă", din care s-a desprins o altă minge „fiică", ce se îndepărtează și își micșorează dimensiunile pînă la dispariție.

Fotografiile succesive, făcute din 1977 pînă în 1980, ne arată că mingea de foc „fiică" a călătorit, în numai 3 ani, pe o distanță de 25 de ani-lumină. Deci, o certă dovadă a unei deplasări cu viteze supraluminice? Dar se știe că așa ceva este interzis de unul din postulatele relativității restrînse a lui Albert Einstein.

Evident, deși pare o dovadă concretă a încălcării legilor relativiste, ea este produsul unei iluzii. O iluzie introdusă de

aceleași legi ale relativității care acționează corect. În realitate, a doua „minge de foc", cea care își micșorează dimensiunile, are o mișcare înspre noi, observatorii, cu viteza de 99,9% din viteza luminii. Asta face ca frontul de undă, care a venit de la ea și a fost recepționat de noi în 1980, să fi fost emis cu 300 de ani după frontul de undă care provine de la mingea de foc „mamă" și a fost recepționat de noi în 1977. În acești 300 de ani, mingea de foc „fiică" a efectuat o deplasare laterală de 25 de ani-lumină, evident, cu o viteză subluminică.

Deci, aparența punctiformă a *quasarului* 3 C 273 nu s-a datorat decît unei aparaturi astronomice cu performanțe insuficiente. Este foarte, foarte probabil ca toate celelalte enigme ale *quasarilor* să fie de aceeași natură. Pe măsură ce instrumentația radioastronomică va evolua, realizîndu-se eventual acea rețea de radiotelescoape la scară interplanetară, astronomia *quasarilor* va rezolva enigmele cu care se confruntă.

Capitolul XIII | STEAUA NEUTRONICĂ

De la Dalton și Avogadro încoace, știm că atomii au dimensiuni neînchipuit de mici, inaccesibile oricăror măsurători directe, efectuate cu șublere ori micrometre. Iar de la celebra experiență a lui Ernest Rutherford, cînd o foiță de aur a fost bombardată cu particule alfa, mai știm că aproape întreaga materie a edificiului atomic e concentrată într-un nucleu măsurînd cu alte cinci ordine de mărime mai puțin. Un diametru nuclear de o miliardime de micron sfidează literalmente orice grade de comparație, atunci cînd se lucrează pe terenul reprezentărilor și al imaginației. Apoi, Heisenberg și Ivanenko au arătat cum aceste infinitezimale nuclee atomice sînt constituite din protoni, particule pozitive, și neutroni, particule neutre, de mase aproape egale și măsurînd dimensiuni liniare de ordinul lui 10^{-13} cm, ceea ce în cuvinte obișnuite se traduce printr-o zecime de miime de miliardime de centimetru. Nucleele, chiar și cele mai voluminoase, aparținînd elementelor grele, de la sfîrșitul tabelului periodic, nu sînt totuși cu nimic mai impresionante ca mărime decît acele particule elementare, nucleonii în sine.

Toate aceste date nu constituie decît un gen de antrenament mintal pentru înțelegerea șocului intelectual produs, pe la sfîrșitul anilor 1960, de descoperirea faptului că *Galaxia* noastră e presărată, mai mult ori mai puțin sporadic, cu nuclee sferice, măsurînd însă raze de kilometri sau chiar de zeci de kilometri !

Aceste entități se relevă antenelor ultrasensibile ale radiotelescoapelor printr-un soi de „fluierături" atît de ritmice, atît de ordonat dispuse în timp, încît pot surclasa baza de timp a unui osciloscop electronic. Ritmicitatea a părut așa de nenaturală, încît primii observatori ai semnalelor le-au interpretat,

eronat și pripit, ca pe niște impulsuri produse intenționat de ființe raționale aflate dincolo de frontierele sistemului nostru solar.

Descoperirea venea într-un deceniu caracterizat printr-o remarcabilă efervescență în lumea cosmologilor, astrofizicienilor și radioastronomilor, stare de spirit condiționată de succese ale astrofizicii de observație atît de categorice, încît se putea pe drept cuvînt spune că frontierele astronomiei fuseseră împinse pe limite noi.

Să prezentăm elementele principale de pe lista de descoperiri din perioada 1960—1970 pentru a înțelege pentru ce acești ani sînt supranumiți în rîndurile cercetătorilor profesioniști ai cerului drept „deceniul astronomic".

Quasarii, unul dintre rarele fenomene de observație neprezise de către fizica teoretică, fuseseră anunțate pe la începutul acelei decade. Apoi, după lansarea satelitului de cercetări în raze X „Uhuru" (cuvîntul însemnînd „libertate" în limba swahili), de pe o platformă din largul coastelor Kenyei, a venit rîndul stelelor cu emisie Roentgen să fie anunțate nu doar astronomilor, ci, preluate de agențiile de știri, lumii întregi. După care, la scurtă vreme, a urmat evidențierea unei stranii radiații omogene a cerului, martora stadiului primar metagalactic cînd o „mare explozie" marca începutul expansiunii cosmologice. Mai puțin senzațională în ochii marelui public, însă egal de captivantă pentru astronomi, s-a dovedit a fi știrea că din centrele unor galaxii răbufnesc în spațiu torente colosale de energie. În sfîrșit, discutabila raportare de către Weber a captării undelor gravitaționale.

Dar această enumerare a știrilor galactice și extragalactice ar fi incompletă dacă nu am aminti și anul 1967. Pe atunci, în august, o lună moderat de caldă în arhipelagul britanic, doi cercetători, care lucrau lîngă Cambridge cu un nou radiotelescop, au crezut că trăiesc aievea visul întîlnirii cu o civilizație extraterestră.

Deși ideea conducătoare a cercetării era mai veche, derularea practică a evenimentelor începuse din iulie 1967, cînd la Mullard intrase în funcțiune un radiotelescop nu prea impresionant, însă relativ ieftin, construit de studenții de la Cambridge în ceasurile lor libere. Aceștia instalaseră, pe distanța de aproape o jumătate de kilometru în linie dreaptă, o mulțime de bare conductoare oblice. În terminologia utilizatorilor unde-

lor radio conductoarele se numesc *dipoli* — niște receptori simpli ai energiei electromagnetice. Lungimile lor fuseseră în așa fel alese, încît instalația să poată recepționa semnale în diapazonul undelor metrice, informația venind de la fiecare dipol și fiind apoi colectată printr-o rețea de cabluri speciale, de foarte înaltă frecvență.

În metodologia utilizată pînă atunci la radiotelescoape, circumstanța că se uza de unde metrice înrăutățea posibilitatea de a separa unul de altul două semnale ce soseau din două direcții apropiate ale cerului. Însă proiectantul, A. Hewish, care avea să primească mai tîrziu premiul Nobel împreună cu un alt reprezentant al școlii radioastronomice de la Cambridge (Martin Ryle), reușise să evite dificultățile. Nu printr-o ameliorare a părții electronice în sine, așa cum poate ar fi fost de așteptat, ci mai degrabă printr-un „truc" ingenios, prin folosirea unei noi metodologii. Pe ce se baza aceasta ? Știm că o stea obișnuită „clipește" atunci cînd o privim. Fluctuațiile de strălucire aparentă ale stelei se datoresc turbulenței atmosferice. Dar și o radiosursă de dimensiuni mici se va comporta similar, fenomenul fiind pricinuit de mișcările mediului plasmatic interstelar ce interacționează cu undele radio. „Trucul" sau, dacă vreți, metodologia radioastronomilor de la Cambridge, consta într-o prelucrare statistică a fluctuațiilor radiosursei. Din această operație matematică asupra „clipirilor" radiosursei se putea afla diametrul ei.

Chiar după cîteva săptămîni de observație prin metoda aceasta, s-a decelat un fel de neobișnuit far cosmic, care emitea într-un domeniu de frecvențe foarte îngust. O noutate neașteptată era aceea că semnalul manifesta o periodicitate uluitoare, riguroasă pînă la a șaptea zecimală dintr-o secundă. La fel ca și în cazul surselor radio, observate cu decenii în urmă de Carl Janski, impulsurile urmăreau ziua siderală, care se deosebește de ziua solară medie cu 3 minute și 56 de secunde.

La început cercetătorii care făcuseră observația, Jocelyn Bell și A. Hewish, s-au gîndit că așa ceva nu poate exista în mod natural. Că semnalele vor fi fost expediate în glumă chiar de pe Pămînt, de cineva care dorea să se amuze mai mult sau mai puțin copios pe seama radioastronomilor care, întîmplător, îl vor capta. „Nu-mi venea să cred că o sursă naturală era în stare să emită cu asemenea periodicitate", va mărturisi Hewish cu prilejul discursului de recepție a premiului Nobel pentru fizică. „M-am adresat astronomilor de la alte observatoare, în-

trebîndu-i dacă nu cumva lucrează cu aparate ce produc perturbații la orele 19 și 19 minute, timp sideral". Răspunsul acestora a fost negativ. Atunci, mai rămînea deschisă ipoteza caracterului artificial și extraterestru al semnalului. În același discurs, Hewish urma să destăinuie peripețiile intelectuale ale cercetării.

„Nevăzînd nici un fel de explicații terestre, raționale, pentru acele impulsuri radio, am presupus că ele puteau fi generate numai de o sursă aflată cu mult dincolo de limitele sistemului solar, iar durata scurtă a fiecărui impuls ne-a obligat să credem că dimensiunile sursei erau comparabile cu acelea ale unei planete mici. Am admis posibilitatea că semnalele erau emise de pe o planetă ce se rotește în jurul unei stele îndepărtate și că ele pot fi de natură artificială". La epoca descoperirii, oamenii de știință implicați în cercetare au denumit radiosursa cu acronimul L.G.M. de la Little Green Men — „omuleții verzi", semnificînd extratereștri raționali. De teama unei publicități deplasate, ori de teama de a nu cădea în ridicol, ei au păstrat secretul absolut asupra acestor fapte vreme de o jumătate de an, comportare cu atît mai neobișnuită, cu cît în zilele noastre legea „publish or perish" („publică sau pieri") acționează în chip ordalic, ca substitut pentru un criteriu veritabil de acreditare a cercetătorilor științifici. În tot acest timp, ei s-au dedicat unui program de verificări minuțioase a ipotezelor.

„Știam că măsurătorile de perioadă, făcute cel puțin cîteva săptămîni la rînd, pot scoate în evidență, prin efect Doppler, orice mișcare orbitală a sursei ; deci înainte de sfîrșitul acestor măsurători a trebuit să păstrez o tăcere completă asupra comportării noii descoperiri. Aceste săptămîni din luna decembrie 1967 au fost cele mai excitante din întreaga mea viață", recunoștea Hewish la o jumătate de deceniu după acele evenimente.

Și iată că determinările pe baza efectului Doppler au scos în evidență o mișcare circulară. Dar, din păcate, aceasta nu aparținea sursei, ci chiar observatorului, fiind, cu alte cuvinte, produsul mișcării anuale a Terrei în jurul Soarelui. În felul acesta, cea dintîi explicație a naturii *pulsarilor*, de faruri construite de către ființele inteligente ale altei lumi, a căzut. După ce mirajul s-a risipit, radiosursei i-a revenit un nume mai prozaic, acela de CP 1919, (C pentru Cambridge, P pentru *pulsar*,

cifrele și minutele indicînd orele și minutele observării, în timp sideral). Totuși, Bell și Hewish nu și-au anunțat descoperirea decît după ce au evidențiat și al doilea *pulsar*; descoperirea aproape simultană a două civilizații extraterestre era o șansă foarte puțin probabilă.

Explicația fenomenului ? Cum trecuseră cîțiva ani de la descoperirea *quasarilor*, ce dețineau în comun cu *pulsarii* proprietatea de a părea surse punctiforme, s-a crezut că *pulsarul* ar fi un soi de mic *quasar*; un *quasarino* au spus unii astrofizicieni, folosind diminutivul italienizat, ca și în analogia neutron-neutrino.

Totuși nu era chiar așa, iar flerul de fizician al lui Hewish a sesizat curînd soluția, legînd descoperirea sa fie de stelele pitice albe, fie de ipoteticele stele neutronice, atît unele cît și altele produse finale ale evoluției stelare. Și atunci el începu să răsfoiască monografii și articole despre evoluția stelelor, deși era un radioastronom, iar oamenii din clasa lui nu au de a face cu stelele. Era ca și cum un cow-boy ar începe brusc să se intereseze de acvaristică, de peștii exotici ! „Prietenii mei de la biblioteca observatorului optic erau stupefiați văzînd că un radioastronom poate fi atît de captivat de cărți tratînd despre evoluția stelelor", își amintește el.

Hewish, urmat de torentul cercetătorilor independenți, care s-au năpustit asupra acestui subiect, au stabilit legătura genetică a *pulsarului* cu obiectele catalogate în diagrama Hertzsprung — Russel. Se crede în general că steaua neutronică ar fi stadiul final în evoluția unor stele cu masa mai mare decît a Soarelui nostru, dar nu mai mare decît așa-numita limită Volkov-Landau-Oppenheimer. Detaliile formării stelei neutronice aparțin deocamdată domeniului conjecturilor. Oricum, în anii ce s-au scurs de la descoperirea primului *pulsar*, a căpătat o largă recunoaștere ipoteza conform căreia fiecare *pulsar* s-ar fi născut în explozia catastrofală de supernovă a unei stele masive ce și-a epuizat existența pe secvența principală. Înaintea exploziei propriu-zise ar fi existat o fază în care steaua se va fi dilatat pînă la dimensiuni grandioase, ca o consecință a unor procese ulterioare consumării întregii rezerve de hidrogen, combustibilul nuclear principal. La acea epocă, steaua putea să fi semănat foarte mult cu actualul astru Betelgeuze din constelația *Orion*. Intrînd apoi în faza de contracție neîntreruptă, nu se va opri la dimensiunile relativ moderate ale piticei albe (ce ilustrează soarta unei stele mai mică decît limita Chandrasekhar

în greutate, și care este viitorul probabil al Soarelui nostru). Evident, greșim atunci cînd spunem că prăbușirea gravitațională a stelei este neîntreruptă. Ea va conteni la un moment dat, ajungînd într-o stare de echilibru care este realizată, însă, prin mecanisme esențialmente diferite de cele dinăuntrul unei stele obișnuite, ca Soarele.

Deoarece echilibrul este unul dintre lucrurile cele mai importante în înțelegerea naturii, să insistăm ceva mai mult asupra acestor procese din măruntaiele stelelor cu diverse nume și diverse chipuri. Dacă pătrundem, cu gîndul, în interiorul unei stele, de la suprafață către centru, cantitatea de gaz aflată deasupra crește necontenit, iar tot așa va spori și valoarea presiunii necesare pentru echilibrarea greutății acelei mase de gaz. În fine, este clar că în centrul stelei această presiune de echilibru atinge valoarea ei cea mai mare. Acum, trebuie să spunem că principala diferență dintre stelele obișnuite și cele aparținînd altor tipuri *(pitica albă, steaua neutronică)* constă în originea acestei presiuni, în mecanismele fizice care o provoacă. Într-un astru ca Soarele, ea nu se deosebește practic de presiunea aerului, provenind, deci, din mișcarea haotică a ionilor și electronilor ce compun substanța stelei. Este vorba despre așa-numita presiune termică, ori cinetică, proporțională cu temperatura sau cu energia cinetică medie a particulelor, dacă vrem să privim și tabloul microscopic al acestor lucruri. Cînd însă steaua își va fi consumat toate rezervele de energie, tot carburantul ei termonuclear, adică va fi ajuns în stadiul ei ultim de evoluție, energia termică este insuficientă pentru a mai genera presiuni în stare să se opună greutății straturilor superioare ale stelei. Astrul se prăbușește în sine, către centrul său, are loc așa-numitul *colaps gravitațional*. Această îndesire a substanței este capabilă, la rîndu-i, să genereze un alt soi de presiune. Cum ? Dacă electronii și ionii sînt așezați foarte compact, intervine o lege care îi împiedică să se așeze excesiv de compact. Este *principiul de excluziune* al lui Pauli, ce interzice electronilor să se apropie prea mult unii de alții. Interdicția aceasta echivalează, în fapt, cu o acțiune repulsivă între electroni, analoagă, dacă vreți, unei forțe de presiune care nu se manifestă decît la densități foarte ridicate ale materialului fierbinte. De fapt, lucrurile se schimbă foarte mult în comparație cu mișcările haotice ale electronilor care contribuiau la presiunea termică din plasma stelelor normale. La concentrații fantastic de mari, deplasările posibile ale electronilor devin

foarte regulate, numai cu o foarte mică parte haotică, aleatoare. De aici rezultă, repetăm, o puternică presiune internă, ce va permite existența unui tip cu totul special de astru stabil, pitica albă. Această pitică albă nu este capabilă să furnizeze în spațiu decît o cantitate redusă de energie, provenind de la partea aleatoare a mișcărilor particulelor. Spuneam că asta e soarta stelelor cu mase apropiate de masa Soarelui. Dar pentru stelele mai masive? Greutatea și mai mare a învelișului exterior al acestor astre va antrena presiuni hidrostatice și mai ridicate, densități ale substanței încă mai mari. Pentru aceste densități, la care și nucleele se apropie unele de altele, se declanșează reacții nucleare cunoscute sub numele de „neutronizare" : proton + electron = neutron + antineutrino.

Cu alte cuvinte, electronii sînt „înghițiți" de către protoni, rezultînd neutroni. Substanța astrului în această fază este formată exclusiv din neutroni, căci eluzivele particule antineutrino se vor pierde în univers. Dar și neutronii, la rîndul lor, sînt obligați să se supună *principiului de excluziune* al lui Pauli. Presiunea ce apare prin același mecanism cuantic permite echilibrul stelei alcătuite din neutroni — *steaua neutronică*. Identificarea *pulsarului* cu *steaua neutronică* este, de fapt, unul dintre rarele lucruri asupra căruia astrofizicienii ajung să se înțeleagă atunci cînd abordează acest subiect. Cum se produce emisia electromagnetică a stelei neutronice? Sub forma acelor impulsuri fantastic de regulate, care i-au uimit într-atîta pe primii cercetători. Pentru explicarea flashurilor de lumină sau de raze X, schema teoretică lămuritoare este destul de simplă. Se știe că majoritatea stelelor sînt înzestrate cu un cîmp magnetic. În urma *colapsului gravitațional* pînă la stadiul neutronic, acest cîmp magnetic nu are nici un motiv să dispară. El va rămîne, dar, la fel ca și pe Pămînt, unde polii magnetici nu coincid cu polii geografici, pe steaua neutronică polii magnetici vor apărea ca niște pete îndepărtate de axa de rotație. În regiunea lor, liniile de cîmp magnetic vor fi foarte dese, iar particulele încărcate cu electricitate și mișcîndu-se cu viteze foarte mari, ca, de exemplu, electronii, supranumiți relativiști, deoarece au viteze apropiate de cea a luminii, se vor mișca pe niște spirale încolăcite în jurul liniilor de cîmp. O astfel de mișcare este, însă, în mod esențial accelerată, iar mișcarea accelerată a unei sarcini electrice urmează să genereze în mod necondiționat o undă electromagnetică. În cursul rotației *pulsarului*, petele fierbinți ale polilor magnetici se vor comporta ca niște

faruri emițînd radiație în gama optică și a razelor X. Dificultăți teoretice greu de depășit apar abia atunci cînd se încearcă explicarea emisiei radio, hertziene, a pulsarilor, fenomenul care, se știe, a contribuit hotărîtor la descoperirea lor. Pentru că temperatura de strălucire a acestei emisiuni atinge ordine de mărime prodigioase, de o mie de miliarde de miliarde de miliarde (10^{30}) de grade Kelvin. S-au sugerat, bineînțeles, o mulțime de mecanisme, și numărul mare de soluții distincte propuse este mărturia incertitudinii care deocamdată stăpînește aici. Schemele de emisie cele mai plauzibile sînt acelea care încearcă să facă uz de anumite mecanisme de amplificare cuantică a radiației, asemănătoare maserului, însă printre astrofizicieni nu există unanimitate de opinii în această privință.

Și acum să ne punem o întrebare cu semnificație mai mult academică decît practică. Ar fi fost posibilă descoperirea *pulsarilor* înainte de inventarea radiotelescoapelor? Primul impuls ne îndeamnă să dăm un „nu" categoric. Dar, am văzut din mecanismul de emisie discutat mai sus că *pulsarul* poate să emită, și emite într-adevăr, și în spectrul optic, putînd, deci, fi înregistrat pe placa fotografică din focarul unui telescop obișnuit. Mai ciudat este că astronomii au studiat vreme de decenii o astfel de steluță, în mod categoric un *pulsar optic*, fără să fie conștienți de variabilitatea semnalului. Asta demonstrează, dacă nu valabilitatea teoriei paradigmelor a lui T. Kuhn, cel puțin faptul că o anumită inerție a gîndirii este proprie chiar și oamenilor de știință, inclusiv celor care fac aserțiuni abia după observații și măsurători efective. Poate că este un fenomen psihologic care își găsește parțial justificarea în complexitatea metodologiei măsurătorilor de azi. Dacă se trece pragul măsurătorilor de rutină și se intră pe terenul cercetării științifice originale, complexe și sofisticate, indicațiile instrumentelor nu mai spun aproape nimic într-o manieră directă. Cu alte cuvinte, nu mai ajunge doar să se privească pe scala aparatelor pentru a spune rezultatul, datele se cer prelucrate într-un proces de cele mai multe ori trudnic și de lungă durată (evident, computerul aduce o mare economie de timp, dar el nu lucrează decît după un program, iar scrierea programului cere mult timp). De multe ori cercetătorul este obligat să considere lanțul aparaturii folosite ca pe un fel de „cutie neagră", în care fenomenele observate vor introduce ceva, despre care însă el nu va afla decît după o prelucrare statistică laborioasă.

Pe de altă parte, ca să sară peste unele etape ale cercetării sale complexe, omul de știință este forțat să aproximeze înainte de experiment ce caută să obțină. Din acest motiv, el va fi mult mai atent la aspectele imediate, rezultînd nemijlocit din conjecturile sale, decît la fenomene laterale. Iată, de pildă, povestea unei descoperiri pe care au ratat-o generații de astronomi.

Un cronicar chinez din anul 1054 al erei noastre, însemna în felul acesta apariția unui neobișnuit semn ceresc : „în primul an al perioadei Ci-Ho, în luna a cincea, în ziua Ci-Ciu a apărut o stea-oaspete la sud-est de steaua Tien-Kuan... Ea putea fi văzută ziua, raze de lumină țișneau din toate părțile și culoarea era alb-roșiatică. Așa a fost ea zărită vreme de douăzeci și trei de zile...". Localizarea acelei „stele-oaspete", în constelațiile astronomiei europene, se face pe o zonă a bolții cerești acoperită de constelația *Taurul*. Acolo, cu mai bine de o sută de ani în urmă, Ross a putut identifica o nebuloasă cu aparența unui ghem, din care ies ghiare și clești. „Nebuloasa Crabului", a denumit-o el, după ce a desenat-o într-o noapte, privind-o prin marele lui telescop din Irlanda. Ceva mai tîrziu, pe la sfîr-

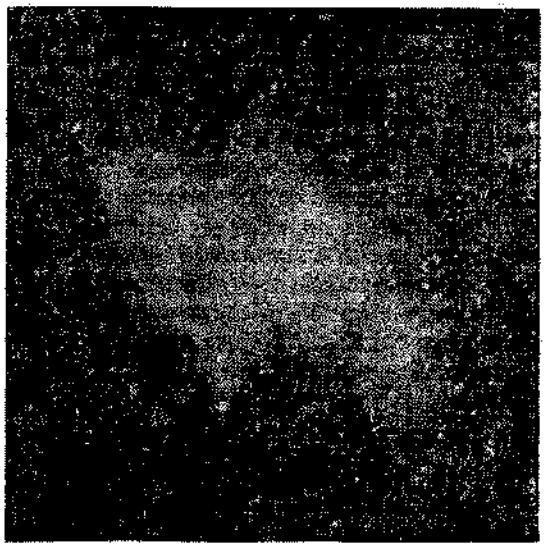


Fig. 23 *Nebuloasa Crabului.*

șitul veacului trecut, alți astronomi au putut observa o steluță în centrul acelei nebuloase gazoase, cu lumină indirectă. Mult mai tîrziu, adică practic pe la mijlocul deceniului 1960, satelitul „Uhuru" a evidențiat în centrul Nebuloasei Crabului o sursă de raze X. În fine, și mai aproape de zilele noastre, s-a constatat prezența unui *pulsar* în aceeași regiune. Identificarea sursei de raze X cu *pulsarul* decurgea, bineînțeles, în mod natural. Însă dacă *pulsarul* își modifică ritmic strălucirea radio, de ce este constant spectrul său de raze Roentgen ? Pentru că așta era rezultatul obținut independent de cîteva echipe de cercetători. Atunci a urmat o nouă prelucrare a datelor anterioare, de data asta cu un program clar : trebuia să fie căutată o periodicitate a strălucirii în raze X. Și fenomenul conjecturat a fost confirmat. Dar de aici s-a născut imediat o bănuială în legătură cu rostul acelei steluțe stinghere, pe care astronomii o neglijaseră mai bine de opt decenii de la descoperirea ei. Nu cumva..., ei da, nu cumva ea nu-i decît chipul optic al aceluiași *pulsar* ? Aici era vorba de zeci de ani de observații, de mii de clișee ale astrului, de un obiect foarte cercetat, care nu arătase nicicînd că ar pulsa. Totuși, cînd cercetarea s-a abordat cu o idee preconcepută, s-a descoperit că lumina steluței clipește de treizeci de ori pe secundă ! (fig. 24 și 25). Unul dintre astrofi-

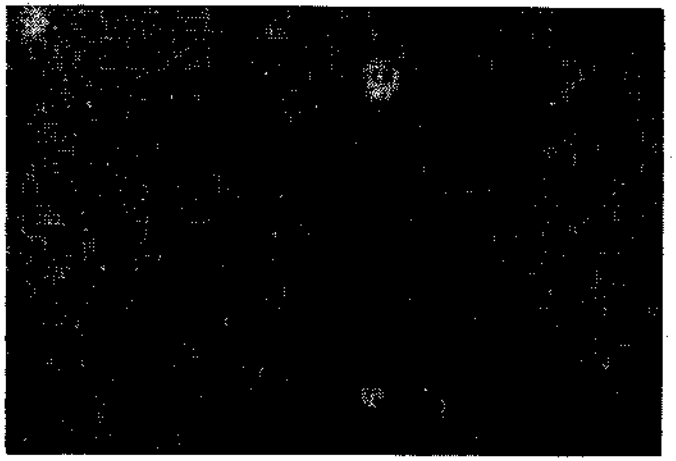


Fig. 24 În această fotografie a centrului *nebuloasei Crabului*, *pulsarul* este invizibil.

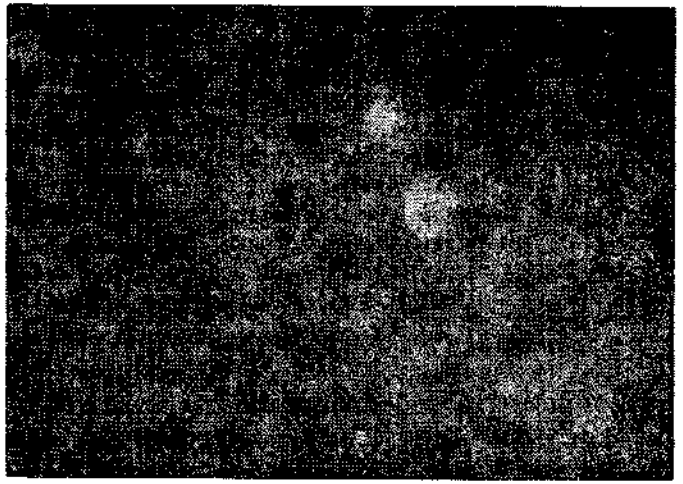


Fig. 25 Fotografia aceluiași sector de cer, după 1/60 dintr-o secundă, face să apară și flashul *pulsarului*.

zicienii care a trecut pe lîngă această descoperire a fost Freeman Dyson. În *Neutron stars and pulsars* acesta povestește, totuși, evenimentul cu detașare, firea lui britanică ferindu-l de regrete ori păreri de rău.

Asocierea dintre nebuloasa filamentară a *Crabului* și *pulsarul* radio-optic-X, precum și constatarea făcută prin efect Doppler că nebuloasa se dilată în spațiu cu viteze de zeci de kilometri pe secundă, nasc imediat gîndul că acele două obiecte cosmice au fost provocate de o cauză comună. Ea nu putea fi decît explozia catastrofală a unei stele, aceea pe care o notase cronicarul chinez din Evul Mediu. Evenimente cerești similare se mai întîlnesc și în alte epoci, reținute de inscripții rupestre ori de însemnări literare pe hîrtie ori pergament. Cercetători ai istoriei astronomiei, de o remarcabilă perseverență, au analizat înscrisuri japoneze, coreene, chineze, europene și arabe, găsind mai mult de zece posibile supernove. În timpurile mai apropiate de noi, Tycho Brahe a avut norocul să observe explozia unei supernove din Galaxia noastră în 1572, iar Johannes Kepler în 1604. Numai pentru opt dintre vechile supernove s-au putut face identificări neîndoioase cu nori de gaz ori cu alte resturi ale unei explozii.

Se crede că exploziile supernovelor ar fi jucat un rol cu totul remarcabil pentru evoluția vieții pe Pămînt, radiațiile X emise de ele ajungînd pînă la Pămînt cu asemenea intensități, încît au putut avea influențe mutagene. Brusca dispariție a dinozaurilor de la sfîrșitul epocii mezozoice e atribuită, de asemenea, acțiunii ucigătoare a emanațiilor unei supernove. Pe de altă parte, însăși apariția lui Homo Sapiens, în urmă cu 2—3 milioane de ani, ar putea fi explicată prin mutațiile genetice induse de radiațiile altei supernove.

Coincidența aparentă dintre frecvența fenomenului *supernovă*, evaluată prin diverse metode, și frecvența *pulsarilor* ducea la concluzia, importantă pentru teoria evoluției stelelor, că în stadiul final astrul ar trebui să colapseze în mod violent. Destul de recent, însă, din măsurătorile asupra numărului de *pulsari* din brațul galactic al *Orionului*, adică în relativa vecinătate a Soarelui, s-a estimat că numărul total de pulsari în Galaxie ar putea atinge chiar cifra de un sfert de milion și că la fiecare 6—10 ani apare cîte un nou *pulsar*. În cazul acesta, ritmul formării *pulsarilor* nu mai coincide cu cel al exploziei supernovelor. Deci, trebuie să mai existe încă un tip de colaps, nezgomotos, liniștit, fără spectacolul unei explozii. Dacă ipoteza aceasta se va confirma, ea va pretinde un nou efort teoretic, de reconsiderare a problemei genezei pulsarilor în univers.

Capitolul XIV | „FANTOME NEGRE ÎN UNIVERS"

Descoperirea *pulsarilor*, ce concretizase un tip de obiect cosmic supradens, de multă vreme prezis, „steaua neutronică", a arătat că dotarea instrumentală a științelor cerului este atît de puternică, încît antrenează creșterea probabilității de finalizare fericită a cercetărilor făcute „în vîrful peniței". Sporul de interes față de predicțiile teoretice a crescut, iar după revelațiile „decadei astronomice" 1960, unii au început să creadă că aproape orice idee astrofizică suficient de trăznită, orice „teorie nebună", cum se exprimase odată Niels Bohr, are șansa de a exista realmente în cosmos și de a fi într-o bună zi observată cu aparatele omului.

În anii imediat următori perioadei amintite, locul vedetei în căutările de această natură l-a avut o entitate astrofizică foarte neconvențională, denumită „gol negru", sau „gaură neagră, traducerea termenului englez „black hole" ; preferăm să folosim termenul neutru de „gol negru", dar poate că „hăul negru" ar suna în românește mai apropiat de originalul englez.

Unul dintre astrofizicienii contemporani cu noi, K. S. Thorne, descrie într-un limbaj extrem de romantic și de tensionat o astfel de ciudățenie cosmică : „Dintre toate plăsmuirile minții omului, de la himere, licorni și pînă la bomba cu hidrogen, cea mai fantastică pare să fie „golul negru", separat de restul spațiului printr-o graniță prin care nu poate trece nimic ; „goluri" cu gravitație atît de intensă, încît chiar și lumina rămîne acolo ca o pradă moartă ; „goluri" ce curbează spațiul și încetinesc timpul. La fel ca licornul ori himera, „golul negru" pare să aparțină mai mult mitului sau categoriei fantasticului decît universului real".

Se crede că apariția „golului negru" nu este depășită în măreție și forță decît de însăși geneza universului în fenomenul numit „Marea Explozie". De fapt, nașterea „golului negru"

poate fi gîndită și prin analogie cu geneza universului în Big Bang, dar văzută în sens invers și la o scară limitată.

Pentru prima dată entitatea aceasta fusese schițată în 1915 de Albert Einstein, creatorul teoriei relativității generalizate, ce este în aceeași măsură și o teorie geometrică a gravitației. La început ea nu este luată în serios de către astronomi, nimeni n-o caută pe cer, ba mai mult, cercetătorii nu au nici cea mai mică idee despre cum ar putea fi întreprinsă o astfel de căutare. Ea mai apare doar în paginile unor romane științifico-fantastice : I. A. Efremov, de pildă, o denumește „steaua E", de la Einstein, în celebra sa operă de anticipație, *Nebuloasa din Andromeda*.

Dar nu era absolută nevoie de relativitatea generalizată pentru a descrie ceva foarte similar cu „golul negru". Puțină fantezie și ideile bine asimilate ale fizicii clasice ajung. Pe această treaptă a cunoașterii se mai poate folosi punctul de vedere naiv că timpul se scurge în același ritm pretutindeni, deci la fel într-un loc cu gravitație redusă, ca și în altul cu atracții copleșitoare.

Într-un fel, sîntem în starea fizicii dinaintea lucrărilor lui Einstein, cînd teritoriul acestei științe era acoperit de umbra staturii gigantice a lui Isaac Newton. Din legea gravitației universale, formulată de acesta în secolul XVII, se știe că orice corp posedînd o masă atrage către sine alte mase. Pentru ca un corp să se desprindă, să se smulgă atracției, trebuie să se miște cu o viteză de evadare cunoscută sub numele de „a doua viteză cosmică". Masa atractivă crescînd, viteza de evadare devine tot mai mare, iar la un moment dat ea ajunge să egaleze viteza luminii. La creșterea ulterioară a masei, nici măcar lumina nu ar mai reuși să părăsească un astfel de astru, oricît de incandescent și fierbinte ar fi el. Asertiunea aceasta era inferată pe la sfîrșitul secolului XVII de Laplace : „O stea cu densitatea egală cu cea a Pămîntului", scria el, „și avînd diametrul de 250 de ori mai mare decît diametrul Soarelui, nu ar permite, din cauza gravitației sale, nici unei singure raze de lumină să mai ajungă pînă la noi, și de aceea este posibil ca obiectele cele mai strălucitoare din univers să fie invizibile".

De fapt, Pierre Simon de Laplace, călcînd exact pe urmele lui Newton în mecanică, supralicita dimensiunile dintru început ale astrului cu mult peste cît ar fi necesar. Tot la fel și concluziile. Deoarece, aplicînd în mod consecvent teoria clasică

prerelativistă, se găsește că astrul urmează să se contracte pînă la dimensiuni nule, pînă la un punct geometric.

Dar în teoriile moderne ale gravitației, cea a lui Einstein, precum și în singura ei concurentă serioasă, teoria scalar-tensorială a lui Dicke, Brans și Jordan, se arată că pentru un observator îndepărtat de o stea ce colapsează gravitațional, raza astrului trebuie să tindă asimptotic către o valoare limită bine determinată, numită *rază gravitațională*. Conceptul din urmă intră în componența unui divizor de corecție din expresia forței de interacțiune a două mase atractive. De la Newton se știe că aceasta, forța, e direct proporțională cu produsul maselor celor două corpuri (de exemplu o planetă și satelitul său) și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele. Einstein a obiectat că formula nu este adevărată decît dacă se împarte totul cu o cantitate ce este egală cu rădăcina pătrată dintr-o diferență : unu minus raportul între raza gravitațională și cea geometrică a planetei. Raza gravitațională a unui astru e cu atît mai mare, cu cît masa astrului este mai mare. Totuși, ținînd seama că această masă trebuie să fie împărțită și cu viteza luminii la pătrat, rezultă o valoare finală destul de neinsemnată. Pentru Pămînt, de exemplu, raza gravitațională abia atinge cantitatea infimă de un centimetru. Însă pentru Soare, aceasta este deja egală cu 3 kilometri. Oricum, dacă ne amintim că raza geometrică a planetei Pămînt este de 6 400 km, iar a Soarelui de 700 000 km, ne dăm seama că precizia suplimentară, introdusă de corecția lui Einstein, nu contează prea mult pentru corpurile sistemului nostru solar.

Ce se va întîmpla, însă, dacă raza gravitațională a unui corp ceresc se apropie ca mărime de raza lui geometrică ? Raportul lor va tinde atunci către unu, iar divizorul de corecție amintit va scădea la zero. Întrucît acesta intervine la numitorul expresiei forței, rezultă că gravitația poate deveni infinită. Sfera pe care gravitația devine infinită se numește *sfera Swartzschild*. Putem înțelege, din analiza formulei complete a gravitației, că raza sferei Swartzschild coincide chiar cu amintita rază gravitațională. Pentru astrul ce a ajuns să se contracte, în cursul evoluției sale, pînă la dimensiuni ce corespund razei gravitaționale, contracția ulterioară este inexorabilă, transformîndu-se într-o prăbușire interioară ireversibilă. Uneori sfera Swartzschild mai e supranumită și *orizontul evenimentelor*. Aceasta pentru că ea coincide cu frontul unei unde luminoase, care nu reușește să scape de forța de gravitație. Dar, ne putem

întreba, cum ajunge o stea să-și reducă dimensiunile într-atîta, încît să dea naștere acestei creșteri fantastice și ineluctabile a gravitației ?

Pînă la o anumită limită a masei stelare, limită calculată de indianul Chandrasekhar, astrul evoluează spre un obiect supradens, de felul piticei albe. Între limita Chandrasekhar și o valoare deocamdată nedeterminată a masei, dar în orice caz apropiată de trei mase solare (limita Volkov-Landau-Oppenheimer), corpul ceresc, care și-a trăit vîrsta de stea normală, se va transforma într-o stea neutronică. Am analizat deja procesul genezei stelei neutronice, asociindu-i grandioasa explozie a supernovei. Dar în Galaxie se numără stele cu mase de zeci de ori mai mari decît masa Soarelui. Către ce stare se vor îndrepta acestea ? Teoretic se demonstrează fără putință de tăgadă că presiunea gazului electronic degenerat (în cazul *piticei albe*), ori a celui neutronic (în cazul *pulsarului*) se mai poate opune colapsului gravitațional numai pînă la limitele prezentate mai sus. Dacă masa stelei, ajunsă în stadiul ei final de combustie, depășește ultima valoare limită, triplul masei Soarelui, nu mai poate fi gîndit nici un fel de mecanism fizic capabil să se opună prăbușirii ulterioare.

Ce se va întîmpla atunci ? Tot ce se știe cu precizie este doar că o masă importantă cade asupra ei însăși, ocupînd un volum din ce în ce mai mic. Actualmente nu se cunoaște nici un detaliu observațional asupra acestui proces în care se generează un „gol negru". Energiile puse în joc depășesc în importanță pe cele din explozia supernovei. Un tablou posibil ar fi următorul : apariția unui „gol negru" se face printr-o supernovă inversată, printr-o implozie, adică explozia „întoarsă pe dos" a unei stele extraordinar de masive, ajunsă în stadiul final în care-și va fi epuizat toate rezervele de hidrogen. Într-o supernovă obișnuită, pătura gazoasă exterioară este expulzată de o formidabilă undă de șoc. Dacă, însă, la bază nu există o presiune suficientă pentru expulzarea materialului, acesta este aspirat gravitațional către interior mult mai rapid decît l-ar trimite unda de șoc spre exterior. Este, în fond, o luptă între două tendințe, una de ascensiune explozivă, alta de cădere gravifică. Învingînd prima tendință, se finalizează o supernovă obișnuită, matricea *pulsarului*. Cînd predomină cea de a doua, stadiul final al astrului va fi acea specie de bestiar mitologic, „golul negru". În cazul că lucrurile se petrec chiar așa, și la ora actuală nu există nici un motiv care să conteste valabili-

tatea scenariului, nu va fi observat nici un fenomen, cu excepția undelor gravitaționale. Nu va fi nici o răbufnire de radiație iar „monstrul" va fi zămislit într-un întuneric profund, ce-i va marca destinul. Fiind imposibil de observat într-o manieră directă, cu mijloacele obișnuite ale astronomiei optice ori ale radioastronomiei, i se poate, pe bună dreptate, atașa calificativul de „fantomă".

Tranziția înspre „golul negru" trebuie să se realizeze foarte repede, dintr-un anumit punct de vedere, și să conducă la ceva fără nici un fel de dimensiuni spațiale. Totuși, lucrurile nu se petrec chiar atît de simplu, pentru că timpul nu se scurge în același fel în apropierea „golului negru" și la mare distanță de el. Aici trebuie folosit din nou acel divizor de corecție introdus de Einstein. Pentru noi, observatori îndepărtați și neutri, intervalul de timp în care se produce un anumit fenomen din apropierea golului negru se obține împărțind durata dintr-un punct în apropierea „golului negru" la acel fatidic radical care tinde spre zero, pe măsură ce punctul se apropie de sfera Swartzschild, de *orizontul evenimentelor*. De aici rezultă că durata acelulași fenomen din unghiul nostru, din poziția noastră, este indefinit de mare. Timpul total de contracție pînă la dimensiunile sferei Swartzschild îi va apare unui observator îndepărtat ca fiind infinit de lung, iar astrul va părea „înghețat" în evoluția lui. Din cauza aceasta putem spune că pentru un observator exterior, „golul negru" nu va tinde către un punct, ci către un anumit domeniu spațial finit, sfera Swartzschild.

Însă pentru un observator extrem de ipotetic, aflat într-un sistem de referință legat de suprafața astrului ce colapsează, „golul negru" se va micșora foarte repede pînă la un punct, iar densitatea materiei sale va tinde la infinit. Astrul se va transforma într-o așa-numită singularitate spațio-temporală. Dacă pe corpul care a colapsat se găsea inițial o sarcină electrică liberă, la un moment dat forțele de atracție gravitațională, care întrețin colapsul, vor fi contrabalansate de forțele de repulsie electrostatică. Materia nu numai că nu va mai tinde către o densitate infinită printr-o contracție neîntreruptă, ci, la fel ca un pendul ori un resort, după atingerea unui anumit echilibru va evolua în sens invers, de la contracție la dilatare. În cursul acestei dilatări consecutive echilibrul forțelor, substanța „golului negru" nu va putea însă ieși din limitele acelui domeniu spațial cunoscut ca sfera Swartzschild și a cărei măsură este raza gravitațională. În ce parte se face atunci dilatarea

„golului negru"? Extensia materiei se va face pur și simplu într-un „nou spațiu", deoarece într-un „gol negru" universul este atît de puternic deformat, încît el capătă o structură topologică nouă.

În fapt, discuția aceasta, care face uz în mod exclusiv de sfera Swartzschild, reprezintă o anumită simplificare față de situația reală. Ea se rezumă la faptul că nu am luat în considerare și rotația astrului ce a colapsat. Pentru că o stea în rotație, ce se învîrte undeva în spațiul vid la mare distanță de alte corpuri, reprezintă un soi de sfîrlează gigantică, aflată în condiții de rotație ideale. Este locul să amintim aici trucul executării piruetei în balet sau patinaj : apropierea brațelor și picioarelor de axul de rotație al întregului corp duce la sporirea vitezei unghiulare. De ce ? Există o lege fizică fundamentală, care se cheamă *conservarea momentului unghiular* și care face ca un corp să se învîrtă mai alert sau mai lent, după cum masele părților lui componente se distribuie mai concentrat, ori mai rar, mai „afinat". Caracterizarea distribuției maselor se face printr-o mărime fizică numită moment de inerție. Cu cît masele sînt mai spațiate, cu atît momentul de inerție este mai mare, și invers. Dar produsul momentului de inerție cu viteza de rotație constituie acea cantitate numită moment unghiular ce trebuie să fie în mod obligatoriu constantă. Cînd steaua se prăbușește, iar diversele baraje, ce se opuneau prăbușirii, cedează rînd pe rînd, raza geometrică a stelei se micșorează, materia ei se dispune în spațiu din ce în ce mai concentrat, și, în consecință, viteza rotației va crește. Gravitația acestui astru are acum nevoie de o caracteristică suplimentară pentru a fi descrisă, și aceasta va fi un mare vîrtej de gravitație ce se învîrte în jurul astrului concomitent cu materia lui. Bineînțeles că există și cîmpul gravitațional principal, despre care am vorbit, orientat către centrul masei atractive. Cele două cîmpuri se vor compune și efectul imediat va fi o forță gravitațională mai mare. Deci, acum gravitația are posibilitatea să crească mai repede la valori infinite, adică să devină infinită chiar de la distanțe ceva mai mari de astru decît sfera Swartzschild. Suprafața pe care forța gravitațională devine acum infinită se numește limita ergosferei. Dar, atenție, gravitația este infinită pe această suprafață doar pentru un corp în repaus. Pentru corpuri care se mișcă pe orbite în jurul astrului și în același sens cu el, forța de gravitație poate fi încă echilibrată,

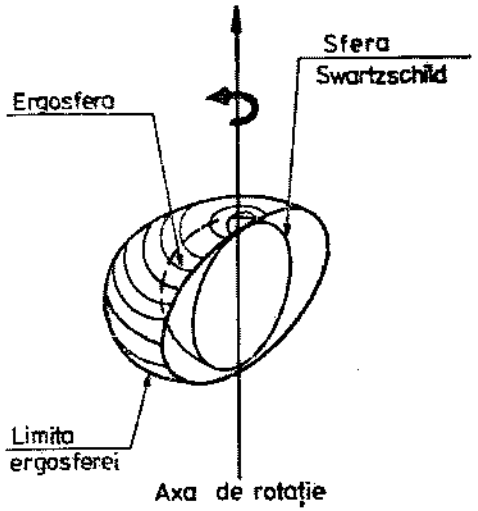


Fig. 26 O secțiune axială prin sfera Swartzschild și prin ergosferă.

iar aceasta se va petrece pentru distanțele dintre limita ergosferei și cunoștința noastră mai veche, sfera Swartzschild. Întregul domeniu cuprins între cele două suprafețe se numește *ergosferă* (fig. 26). În interiorul *ergosferei* mai pot exista încă obiecte în rotație care nu numai că nu vor cădea, dar sînt capabile, cel puțin principial, să părăsească acest domeniu și să scape de atracția „golului negru".

Problemele de informație, de pierdere a informației și chiar de „cenzură cosmică", sînt caracteristice atunci cînd se încearcă analizarea istoriei „golului negru", ori a interacțiunilor sale cu spațiul exterior.

Astrul, care în evoluția sa finală a ajuns la stadiul de „gol negru", nu mai păstrează decît foarte puține dintre trăsăturile pe care le-a avut în starea lui anterioară. În fapt, ele nu sînt decît în număr de trei ; masa, momentul unghiular și sarcina electrică (fig. 27). Nici un fel de altă calitate nu deosebește între ele două „goluri negre" care au toate cele trei caracteristici, prezentate mai sus, identice. Acest adevăr, demonstrat riguros de fizica teoretică, poartă numele de teorema „Un gol negru nu are păr" („A black hole has no hair"). Teorema antrenează cu sine concluzia că o imensă cantitate de informație este pierdută în colapsul gravitațional. De exemplu, nu mai prezintă deloc importanță nici măcar faptul, esențial, dacă astrul dintru început era format din materie ori din antimaterie.

Am putea analiza ce se va întîmpla cu astronava ce va nimeri în spațiul din apropierea unui „gol negru". Răspunsu-

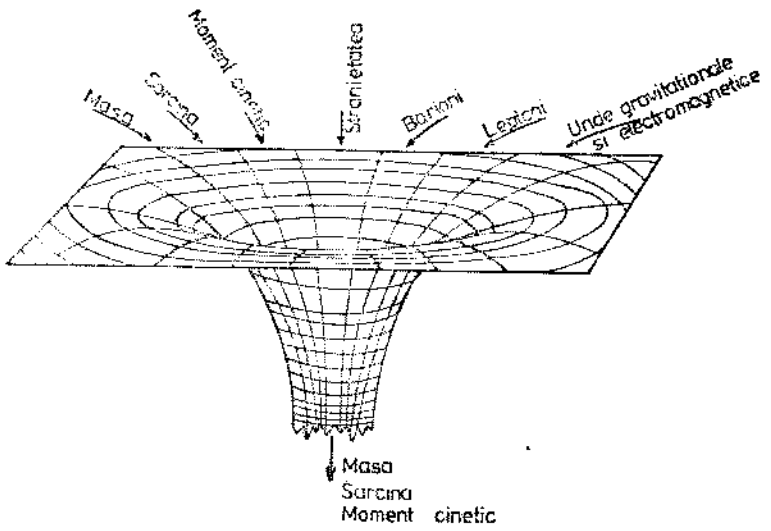


Fig. 27 În *colapsul gravitațional* se pierde o cantitate uriașă de informație.

rile corecte nu vor fi, totuși, găsite decît cu ajutorul teoriei relativității generalizate, conform căreia gravitația este o forță de natură geometrică, o manifestare a curburii spațiu-timpului cvadrimensional. Această curbură a spațiu-timpului, sensibil influențată de prezența unor corpuri masive, se exprimă uneori printr-o mărime inversă, *raza de curbură*. Să încercăm o analogie cu o situație convențională. Dintre două cercuri de raze diferite, cel mai curbat este de rază mică, iar cel mai puțin curbat — cercul de rază mare. Analogia poate fi împinsă și în varietatea neeuclidiană cu patru dimensiuni, numită *spațiu-timp* sau *univers minkowskian*. Cu cît este mai mică raza de curbură, cu atît va fi mai mare curbura corespunzătoare. În cazul Pămîntului, raza de curbură a spațiu-timpului, într-un punct de pe suprafața lui, este egală cu distanța Soare—Pămînt. Putea să fie și altfel ; că este așa, reprezintă o coincidență nesemnificativă, în care astrul zilei nu are nici un amestec. Curbura este, conform teoriei einsteiniene, puternic influențată de prezența corpurilor cu densități de masă mari. Există cor-

puri cerești ca *pitica albă*, ori ca *steaua neutronică*, măsurînd densități colosale, copleșitoare, ce nu se pot compara cu nimic analog pe Pămînt, la scară macroscopică. Din acest motiv, pe suprafața unei *pitice albe*, curbura locală a universului este de circa o mie de ori mai mare decît pe scoarța Terrei.

Să ne imaginăm, mai întîi, situația unei astronave ce va orbita în jurul unei *pitice albe*. Mișcîndu-se în cabină, un astronaut va fi tensionat și torsionat în mod straniu, prin acțiunea unor forțe care nu diferă de cele care provoacă mareele pe Pămînt. Aflat cu corpul în direcție radială, capul și picioarele astronautului vor fi tracționate în sensuri opuse. Într-o poziție aflată în unghi drept față de această direcție, acțiunea solicitării se va schimba, între jumătatea dreaptă și cea stîngă apărînd o forță ce ar tinde să le despartă. Dacă, în urma unui impuls oarecare, ar prinde să se rotească în jurul axei longitudinale a corpului său, omul ar fi supus unui straniu masaj sub formă de fluxuri și refluxuri, situație ce ar fi în cele din urmă extrem de inconfortabilă.

Iar pe suprafața unei stele neutronice *(pulsar)* efectele mareice devin pur și simplu catastrofale. Un astronaut nu va putea rămîne în viață dacă traiectoria navei sale va trece prin apropierea unui *pulsar*. Intensitatea gravitației în diversele puncte ale trupului său ar diferi de milioane de ori și omul ar fi literalmente zdrobit, sfărîmat, sfîșiat, fără ca vreun corp să-l atingă efectiv, doar prin jocul forțelor interne, generate de cîmpul gravitațional altminteri invizibil.

În fine, teoria arată că pe măsura căderii într-o „groapă neagră", curbura spațiu-timpului tinde să devină infinită. Aceasta amplifică în mod fantastic efectele gravitaționale. Să ne imaginăm că un dispozitiv automat cade spre centrul unui black hole după ce a intersectat *orizontul evenimentelor*. Forțele mareice vor începe să rupă în bucăți tot mai mărunte piesele dispozitivului, pînă la descompunerea în molecule. Apoi, cînd raza de curbură se va fi micșorat și mai mult, moleculele vor fi disociate în atomii din care erau formate. Pe măsură ce căderea continuă, chiar și atomii vor fi descompuși în nuclee și electroni, apoi nucleele vor fi sfărîmate în particule elementare. Cînd raza de curbură a spațiu-timpului coboară sub ordinul de mărime al unei particule elementare, 10^{-13} cm, teoria

actuală a particulelor elementare devine inaplicabilă. Este posibil ca ele să fie sfărîmate în *quarci*, ipoteticele particule ale lui Gell-Man, în cazul în care acestea există într-adevăr. Dacă raza de curbură a universului minkowskian devine și mai mică, ajungînd de exemplu sub 10^{-33} cm, se impune o cerință fără sens în condițiile obișnuite, cuantificarea însăși a spațiului și a timpului.

În cazul în care există, „golurile negre" nu pot fi detectate decît în mod indirect, prin efectele gravitaționale asupra unor stele din vecinătate. O verificare a existenței lor necesită o cercetare amănunțită a luminozității roiurilor globulare, care conțin milioane de stele suficient de apropiate pentru a-și influența reciproc mișcările orbitale. Din pricini legate de distribuția statistică a impulsurilor în roiul de stele, „golurile negre" vor avea tendința să se adune spre centru. Acolo ar trebui să existe o mare concentrare de aștri și, în consecință, ar urma să fie observat un punct luminos în mijlocul roiului. Măsurătorile sînt pînă la momentul actual neconcludente, evazive, în sensul că nu confirmă, dar nici nu infirmă existența lor. O altă metodă de a le descoperi este căutarea însoțitorilor invizibili ai unor stele duble.

Mai există apoi un mare mister, „masa lipsă" din îngrămădirile de galaxii, și „golurile negre" deschid o cale spre dezlegare. După cum sugerează astrofizicienii Cameron și Truran, s-ar putea ca primele condensări ale gazelor universului în expansiune să fi fost sub formă de mase imense, de 100 000 sau chiar de 1 000 000 de ori mai mari ca Soarele nostru. Aceste corpuri primitive s-ar fi fragmentat mai apoi în stele masive de circa o sută de mase solare; ele ar fi evoluat deja pînă la faza ultimă, de „goluri negre", fiind organizate în ansambluri invizibile în telescop, ce ar conține 90% din masa Universului. Restul materialului, ce n-a fost utilizat la formarea acestei prime generații de stele, se va fi condensat ulterior în galaxii ce ar apare, în această ipostază, ca niște obiecte cosmice de mîna a doua, vecini neînsemnați ai marilor îngrămădiri de „goluri negre"... Confirmarea acestei supoziții ar fi deosebit de tulburătoare, zdruncinînd serios actuala imagine asupra Cosmosului. Totuși, lipsa ei de frumusețe interioară, caracterul ei de

ipoteză oarecum artificială (dar cîtuși de puțin hazardată), ne determină să o credem destul de improbabilă.

Într-un anumit sens, însuși universul vizibil se dovedește a fi un imens „gol negru", din interiorul căruia nu pot evada razele de lumină datorită faptului că suma maselor aglomerării de nebuloase și galaxii depășește o anumită valoare critică. Lumea în care ne găsim are o limită numită „frontiera universului vizibil" sau „orizontul optic", nume poate mai fericit ales, întrucît marchează o mobilitate relativă, o totală intangibilitate în raport cu orice observator mobil. Raza acestui univers vizibil coincide cu distanța la care sînt observați cei mai îndepărtați *quasari*, de 20 de miliarde de ani-lumină, în acord cu limita superioară a acestor evaluări de distanțe.

Capitolul XV | MEDIUL INTERSTELAR

Vidul cosmic, pur și absolut, existent între luceferi, este o ipoteză veche, simplistă, aparținînd secolelor trecute din istoria astronomiei. Astrofizica veacului nostru refuză să-l accepte, ideea în sine fiind un obstacol major într-o înțelegere procesuală, evoluționistă, a structurii universului.

Într-adevăr, nerefuzînd concepția transformistă, a dezvoltării direcționate a obiectelor cerului, apare și chestiunea esențială a materiei prime și primordiale din care au fost constituite acestea. Urmele fundamentalei substanțe ar trebui să mai persiste încă și să fie decelate cel puțin în unghiuri îndepărtate ale configurației actuale a cosmosului.

Pe de altă parte, deoarece se știe că înseși astrele evoluează, reducîndu-și masa în timp, se pune întrebarea : pe ce canale sînt îndreptate aceste pierderi și către cine sau ce este dirijată substanța care lipsește în stelele mai bătrîne. Ceea ce a mai rămas în univers după constituirea primei generații de stele, consecutivă Marii Explozii, precum și tot ce au debordat în spațiu stelele cu oarecare vîrstă sau cu pretenții de maturitate precoce, trebuie să tapiseze, mai mult rar decît dens, regiunea aceasta imensă, hăul înspăimîntător de vast dintre astrele cerului.

Ceea ce, în primă aproximație, părea mai subtil decît inconsistentul eter metafizic, s-a dovedit a fi un mediu substanțial, cu constituție suficient de bine definită pentru ochii cunoscători ai astronomiei contemporane. Mediul interstelar, căci despre el este vorba, e alcătuit din atomi, ioni, electroni, molecule, componentele unei mixturi gazoase extrem de rarefiate, alcătuită în mare măsură din materie primară, adică nedeosebindu-se prea mult de ceea ce a rămas între astre imediat după Big Bang, precum și din componente relativ noi, particule mici de praf cosmic, raze cosmice, radiație electromagnetică

ipoteză oarecum artificială (dar cîtuși de puțin hazardată), ne determină să o credem destul de improbabilă.

Într-un anumit sens, însuși universul vizibil se dovedește a fi un imens „gol negru", din interiorul căruia nu pot evada razele de lumină datorită faptului că suma maselor aglomerării de nebuloase și galaxii depășește o anumită valoare critică. Lumea în care ne găsim are o limită numită „frontiera universului vizibil" sau „orizontul optic", nume poate mai fericit ales, întrucît marchează o mobilitate relativă, o totală intangibilitate în raport cu orice observator mobil. Raza acestui univers vizibil coincide cu distanța la care sînt observați cei mai îndepărtați *quasari*, de 20 de miliarde de ani-lumină, în acord cu limita superioară a acestor evaluări de distanțe.

Capitolul XV | MEDIUL INTERSTELAR

Vidul cosmic, pur și absolut, existent între luceferi, este o ipoteză veche, simplistă, aparținînd secolelor trecute din istoria astronomiei. Astrofizica veacului nostru refuză să-l accepte, ideea în sine fiind un obstacol major într-o înțelegere procesuală, evoluționistă, a structurii universului.

Într-adevăr, nerefuzînd concepția transformistă, a dezvoltării direcționate a obiectelor cerului, apare și chestiunea esențială a materiei prime și primordiale din care au fost constituite acestea. Urmele fundamentalei substanțe ar trebui să mai persiste încă și să fie decelate cel puțin în unghiuri îndepărtate ale configurației actuale a cosmosului.

Pe de altă parte, deoarece se știe că înseși astrele evoluează, reducîndu-și masa în timp, se pune întrebarea : pe ce canale sînt îndreptate aceste pierderi și către cine sau ce este dirijată substanța care lipsește în stelele mai bătrîne. Ceea ce a mai rămas în univers după constituirea primei generații de stele, consecutivă Marii Explozii, precum și tot ce au debordat în spațiu stelele cu oarecare vîrstă sau cu pretenții de maturitate precoce, trebuie să tapiseze, mai mult rar decît dens, regiunea aceasta imensă, hăul înspăimîntător de vast dintre astrele cerului.

Ceea ce, în primă aproximație, părea mai subtil decît inconsistentul eter metafizic, s-a dovedit a fi un mediu substanțial, cu constituție suficient de bine definită pentru ochii cunoscători ai astronomiei contemporane. Mediul interstelar, căci despre el este vorba, e alcătuit din atomi, ioni, electroni, molecule, componentele unei mixturi gazoase extrem de rarefiate, alcătuită în mare măsură din materie primară, adică nedeosebindu-se prea mult de ceea ce a rămas între astre imediat după Big Bang, precum și din componente relativ noi, particule mici de praf cosmic, raze cosmice, radiație electromagnetică

provenind de la stele mai distanțate ori mai apropiate și din diverse cîmpuri de forțe, printre cele mai perceptibile fiind cîmpul gravitațional și cîmpul magnetic.

Denumirea de *mediu interstelar* se aplică de obicei numai spațiului dintre frontierele unei galaxii. Dar, chiar și depărtările aparent vide dintre aceste grandioase insule cosmice sînt „impure", poluate, cu o formă extrem de puțin densă a substanței, mediul intergalactic.

Așa cum am lăsat să se înțeleagă din cele spuse pînă acum, densitatea extrem de mică a substanței și densitatea neglijabilă a energiei electromagnetice reprezintă caracteristica esențială a *mediului interstelar*. Pentru a ne putea face o idee mai intuitivă în ceea ce privește ordinul de mărime (sau de micime) al acestei densități, să comparăm numărul de particule (molecule sau atomi) care se găsesc într-un centimetru cub de aer la nivelul mării și într-un centimetru cub al *mediului interstelar*. În primul caz, o cantitate exprimată ca 1 (unu) urmat de nouăsprezece zerouri, iar în al doilea caz, pur și simplu, un 1 singuratic, fără nici un zero după el, deci o concentrație de zece miliarde de miliarde de ori mai redusă decît a atmosferei terestre în condiții normale. Raportul acesta, realmente de proporții și semnificații cosmice, ne arată că *mediul interstelar* este mult mai rarefiat decît vidul cel mai avansat, realizat în laboratoarele de fizică de pe Pămînt.

În același centimetru cub de spațiu cosmic nu se află nici măcar prea multă lumină, doar un singur foton optic; ceva mai abundente sînt cuantele undelor radio, de ordinul sutelor pentru fiecare volum de un centimetru cub.

Este, însă, foarte plauzibil ca densitatea aceasta să fi fost mult mai mare în perioada ce a urmat disocierii substanței primare, atunci cînd în univers au început să lumineze primele stele supermasive. Nu se știe nimic sigur despre aceasta, numai inferențe hazardate. Ceea ce se cunoaște, totuși, temeinic, este structura chimică a mediului interstelar ancestral. Era primitiv, extrem de primitiv și de simplu — numai hidrogen și heliu în raportul maselor totale de trei părți la o parte (H 75% He 25%).

Apoi a urmat prima fază a evoluției, precum și cea dintîi primenire și îmbogățire a acestei substanțe. La o vîrstă de aproximativ zece milioane de ani după Big Bang, primele astre gigantice își vor fi terminat ciclul vieții și vor fi explodat, împrăștiind în cosmos și elemente mai grele ca heliul ori hi-

drogenul. Acestea au fost elemente primare ca izotopul carbonului ^{12}C, sau al oxigenului ^{16}O, sau al fierului ^{56}Fe.

Faptul că lucrurile se vor fi petrecut într-adevăr după scenariul acesta ne este confirmat de compoziția actuală, mai redusă în elemente grele, a altor galaxii cu evoluție lentă, așa cum sînt Norii lui Magellan, aflați în nemijlocita vecinătate a Galaxiei și din cauza aceasta ușor accesibili observatoarelor de pe planeta Pămînt, înarmate cu instrumentele lor fascinante.

După ce primul ciclu al materiei se va fi terminat, deci atunci cînd o parte a substanței primitive, dacă putem spune așa, se va fi reîntors în cosmos, îmbogățită, din această materie cu constituție nouă (nu mult diferită de cea veche, dar totuși presărată cu ingrediente noi, cum ar fi nucleele mai mari decît heliul) se vor fi întrupat noi stele, mici, medii și mari, al căror timp propriu de viață depășește vîrsta actuală a universului, deci care încă mai durează în cosmos, unul dintre aceste astre fiind Soarele nostru. În aceste stele obișnuite vor fi sintetizate elemente secundare pe baza materialului primar, preexistent. Un caz tipic este formarea nucleelor de ^{13}C și ^{14}N, plecîndu-se de la nucleul de ^{12}C. Se înțelege de aici că elementele secundare vor apare în *mediul interstelar* cu o frecvență mult mai domoală decît elementele primare. Ajungînd pînă la epoca actuală, compoziția pe elemente a *mediului interstelar* se va fi modificat în comparație cu structura sa primitivă, consecutivă Marii Explozii. Dar, totuși, nu prea mult. Dacă, pe vremurile acelea de *început de lume*, tot ce exista s-ar fi putut exprima simplu, ca trei sferturi hidrogen și un sfert heliu, în faza contemporană universul nu mai posedă decît 70% hidrogen (o parte fiind consumat în focarele stelelor), 28% heliu și alte două procente constituite din elemente diverse, primare și secundare, toate mai grele decît cei patru nucleoni ai atomului de heliu.

Mult mai tîrziu vor apare în acest *mediu interstelar* particule de praf cosmic. În Galaxia noastră cercetătorii socotesc cam un grăunte de pulbere într-un cub spațial, ale cărui fețe au aproximativ aria unui teren de fotbal. Ne dăm seama din această indicație sugestivă a densității că există relativ puțin praf în Galaxie. Însumat, el totalizează doar două pînă la trei procente din masa totală a Galaxiei. Este mult, ori este puțin? Fără îndoială că, pentru standardele noastre cotidiene de mărime, așa ceva reprezintă o imensitate, o porțiune fantastică de materie egală cu o masă de cîteva milioane de sori ca al nostru.

Primele cercetări mai consistente privind *mediul interstelar* datează dinainte de al doilea război mondial. Prin 1939, un astrofizician danez, B. Strömgren, comunica faptul că este natural să considerăm *mediul interstelar* ca fiind alcătuit în mod majoritar din hidrogen. Motivația pentru ipoteza aceasta venea de la faptul că era elementul preponderent în stelele cunoscute și de aceea ar fi trebuit să mai fi rămas o oarecare cantitate din el în substanța protostelară. Apoi, conjectura mai departe Strömgren, regiunile cu hidrogen rarefiat pot să includă ori nu în miezul lor stele fierbinți, care să-l ionizeze. Dacă nu, hidrogenul rămîne neutru, neionizat, iar regiunile acestea vor fi notate cu HI. Dacă da, hidrogenul este ionizat de astrele cu incandescență albastră și va emite la rîndul său o luminiscență roșiatică după o linie din seria Balmer. Aceste domenii galactice trebuie să fie socotite distincte de primele și notate cu HII. Clasificarea era logică, deoarece proprietățile elementului majoritar trebuiau să dicteze și manifestările globale ale substanței interstelare.

În cea mai mare parte din Galaxie stăpînesc asemenea condiții, încît elementul hidrogen rămîne în stare atomică. Într-adevăr, pentru formarea moleculei de hidrogen este necesară ciocnirea a doi atomi, ceea ce se poate întîmpla cu o probabilitate sporită doar în norii de gaz și de praf, unde se înregistrează densități mai ridicate decît în condițiile medii. Pe de altă parte, ionizarea cere energie și ea nu e accesibilă decît în regiuni relativ limitate din jurul unor stele tinere, mari și fierbinți.

Domeniile de hidrogen neionizat HI se pot observa efectiv cu ajutorul radiotelescoapelor, operînd pe lungimea de undă de 21 centimetri, care apare la tranziția „flip-flop" din hidrogenul atomic neutru.

Cercetările moderne în radiația de 21 centimetri au arătat o neomogenitate clară a distribuției hidrogenului în diferite regiuni din spațiu. S-a putut vedea că hidrogenul HI este ordonat în nori și curenți ce se mișcă în spațiu după o logică dictată de structura însăși a Galaxiei.

După intensitatea liniei de 21 centimetri, astrofizicienii cîntăresc masa atomilor din spațiu, iar după lărgimea profilului acestei linii își dau seama cum se mișcă ei în univers, în ce direcții și cît de repede se deplasează.

La cîtva timp după predicția teoretică a lui Van de Hulst, radioastronomi lucrînd în diverse puncte ale globului au reușit să-și coroboreze informațiile acumulate în mod independent și

să schițeze acel mult dorit și căutat portret al Galaxiei. S-au confirmat supoziții anterioare privind faptul că aceasta are o structură lenticulară. Mai mult, s-a văzut că substanța galactică e structurată în brațe spirale foarte clar desenate de regiunile HI, emițînd omniprezenta radiație de 21 centimetri. Concentrația gazului interstelar în brațe se ridică pînă la 10 atomi pe centimetru cub, în vreme ce între brațe ea cade pînă la un singur atom la fiecare zece centimetri cubi. Îndesirea gazului din brațele spirale este evidențiată prin sporirea intensității acestei linii; printr-o sporire a polarizării acestei radiații se pune în evidență existența unor cîmpuri magnetice puternice în limitele brațelor. Polarizarea radiației electromagnetice este o proprietate care apare la rotirea antenei radiotelescopului într-un plan fix: intensitatea semnalului captat va înregistra un maxim și un minim pentru poziții aflate între ele într-un unghi drept.

Concentrația stelelor în domeniul brațelor spirale se mărește, de asemenea, într-o măsură remarcabilă: în Galaxia noastră pînă la zece procente, iar astronomii bănuiesc că în galaxiile spirale mai tinere proporția aceasta este mult mai însemnată. În brațele lor se zăresc arzînd stele albastre fierbinți și tot aici se formează zone compacte de HII, ionizat de fluxurile ultraviolete împrăștiate de acele stele. Ionizarea nu ar putea fi realizată de stelele mai bătrîne, care emit precumpănitor energie în gama optică, în timp ce desfacerea legăturii dintre electron și nucleul atomului de hidrogen pretinde o cuantă ultravioletă.

Observînd nebuloasele extragalactice, brațele spirale se pot distinge relativ ușor pe fondul celorlalte astre, datorită abundenței de stele mari și strălucitoare și prin prezența nebuloaselor interstelare fierbinți și de culoare cărămizie.

Stimulată de observarea brațelor spirale prin intermediul hidrogenului rece în limitele Galaxiei, sau prin mijlocirea fotografierii optice pentru alte galaxii din cîmpul telescoapelor, s-a formulat și întrebarea cosmogonică: cum au luat naștere aceste brațe spirale? Din multitudinea de răspunsuri mai mult sau mai puțin plauzibile, avansate la această întrebare, am selecționat următorul: brațele spirale sînt produsul unei mișcări ondulatorii, al propagării unei văluriri sui-generis în materialul protostelar ce alcătuia faza primară a nebuloasei galactice. Este foarte probabil ca în acest stadiu inițial, dintr-un motiv ori altul, să fi fost excitată o undă de presiune, al cărei front avea forma spirală. Dacă mișcarea ondulatorie era de acel tip

particular numit „sunet greu", ea ar fi putut provoca inițierea condensării materialului din zona frontului de undă, pînă la provocarea acelei aparențe spirale observate astăzi la foarte multe galaxii. Să încercăm să deslușim lucrurile, pentru că acel termen de „sunet greu" pare să nu spună deocamdată prea multe. Se știe că sunetul se poate propaga într-un mediu gazos ca o alternanță de dilatări și de comprimări. În regiunea comprimată se vor dezvolta gradat forțe de presiune ce tind să se opună comprimării ulterioare a gazului, schimbînd sensul procesului și înlocuind compresia printr-o destindere. Totuși, dacă lungimea de undă este foarte mare, domeniul de compresie e suficient de larg pentru ca în limitele sale gravitația să joace un rol apreciabil. În felul acesta, datorită atracției masice dintre particulele mediului, comprimarea va continua și dincolo de limita la care presiunile interne ar duce la stoparea procesului și la inversarea tendinței. Este limpede că la o undă sonoră de proporții galactice, masele de gaz cuprinse în regiunile de compresie sînt colosale și rolul forțelor de gravitație este precumpănitor. Din această cauză undele astronomice, care mai pot fi încadrate încă în categoria generală a sunetului, se numesc „sunet greu".

Ce poate servi, într-o protogalaxie nediferențiată încă în brațe spirale, ca „generator" de sunet greu ? O ipoteză atrăgătoare și care explică multe este cea care spune că în centrul galactic s-ar fi găsit o aglomerare primară de stele sub forma unui elipsoid alungit pînă la a semăna cu un fel de „bară" mai scurtă (fig. 28). Barele stelare, de felul aceleia pe care am descris-o în rîndurile de mai sus, se pot observa efectiv la galaxiile spirale barate. Dacă bara se rotește în jurul centrului său, care coincide cu centrul de greutate al întregii galaxii, capetele ei vor lovi ritmic mediul protostelar la fel ca sbaturile unui vechi vapor. De la aceste capete ale barei se vor propaga în mediul gazos unde sonore „grele", cu mare lungime de undă, deoarece știm că ea este proporțională cu perioada de rotație a galaxiei, de 200 de milioane de ani pentru Galaxia noastră.

Frontul acestei unde va avea forma unei spirale cu două brațe. Astfel de spirale barate se întîlnesc efectiv în atlasele cu fotografii ale galaxiilor. Pe de altă parte, se poate infera că numărul brațelor spirale depinde de viteza propagării acestor unde grele, fiind cu atît mai mare, cu cît viteza este mai mare.

Pe de altă parte, în interiorul brațelor spirale mai apare o undă de șoc, care duce la comprimarea hidrogenului în anu-

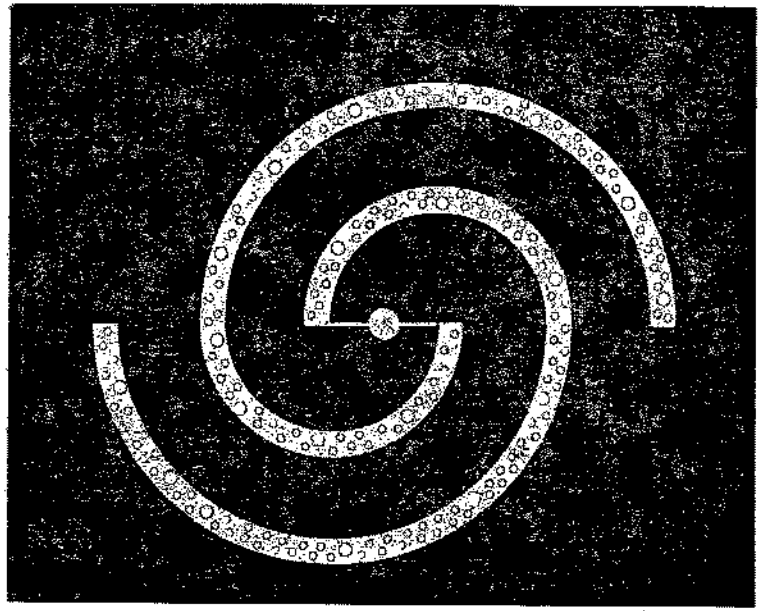


Fig. 28 Un generator de „sunet greu" la scară galactică.

mite regiuni, la fel ca mărgelele unei salbe. Acestea sînt *protostelele*, nori de gaz neionizat, domenii HI, unde mărirea ulterioară a densității conduce la instabilitate gravitațională, antrenînd concentrarea ulterioară a substanței și încălzirea ei pînă se vor atinge temperaturi de la care se declanșează reacțiile termonucleare. În acel moment *protosteaua* s-a transformat într-o *stea*. În jurul acestor stele, datorită radiației intense, se formează foarte repede regiuni HII.

Astronomii mai consideră că relația dintre *mediul interstelar* și stelele propriu-zise are caracterul unei ciclicități (fig. 29). Într-adevăr, analizele din interiorul Galaxiei noastre au pus în evidență stele de diferite vîrste, în diferite faze ale evoluției lor. Aceste date sugerează concluzia că Galaxia noastră ar fi înregistrat deja cîteva asemenea cicluri de formare intensă de stele. Actualmente ea s-ar găsi în cel de-al treilea ciclu, cînd întruparea stelelor din mediul interstelar se face în ritmul de una pînă la zece pe an. Așa cum remarcam la începutul capitolului, rezervele de materie interstelară însumînd cîteva milioane de mase stelare, ceea ce ajunge pentru continuarea procesului pentru o durată de cel puțin o sută de milioane de ani.

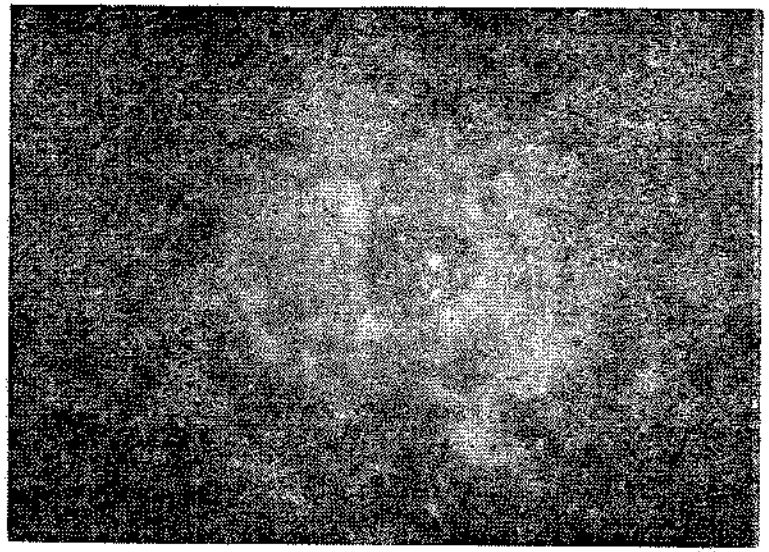


Fig. 29 Nebuloasa *Rozeta*, în care se observă cîteva stele, confirmă ideea transferului ciclic al materiei între stele și spațiul interstelar.

Astronomia extragalactică a pus în evidență și galaxii în care mediul interstelar este practic absent. În astfel de sisteme, formarea stelelor noi a încetat de multă vreme, iar succesiunea terminată a ciclurilor galactice, declanșînd probabil unde care s-au propagat în diverse direcții, a dus la stricarea tabloului simetric al brațelor spirale, inițial foarte clar conturat. Asemenea galaxii, unde primenirea stelelor a luat sfîrșit o dată pentru totdeauna, au de obicei forma eliptică.

Galaxia noastră pare să fie încă foarte departe de acest stadiu final. *Mediul interstelar* există, și încă din abundență, structurat mai mult sau mai puțin bătător la ochi în nori de gaze și pulberi. Într-o sferă cu raza de o mie de ani-lumină în jurul Soarelui există în jur de zece asemenea nori. Ei absorb lumina, iar intercalarea lor în drumul razelor de lumină, ce vin de la astre mai depărtate, îi apare observatorului de pe Pămînt ca o regiune de un negru perfect. „Sac de cărbune", i-au spus marinarii care s-au aventurat printre cei dintîi în emisfera sudică, unei asemenea zone cerești obscure. La confluența veacurilor XVIII și XIX, astronomul William Herschel vorbea despre adevărate „găuri în cer", neînțelegînd natura lor ma-

terială. Actualmente, aceste regiuni întunecate sînt străpunse cu ușurință de ochiul electronic al radiotelescoapelor. Undele radio nu sînt absorbite aproape de loc de praful cosmic și cu ajutorul lor poate fi întreprins studiul Galaxiei pînă la profunzimi de zeci de mii de ani-lumină.

Dacă imediat după 1951 principalele rezultate ale studiului *mediului interstelar* fuseseră obținute pe baza liniei de 21 centimetri a hidrogenului atomic, neutru, în deceniul următor s-au înmulțit tentativele de a sări peste această barieră. Interesul acestor tentative este evident. O lungime de undă captată de un radiotelescop este un fel de carte de vizită a materiei care a trimis-o, a moleculei sau atomului ce a expediat-o, suferind o tranziție de pe o stare energetică înaltă pe alta coborîtă. Astfel încît observarea altei lungimi de undă, care tehnicește vorbind este posibilă numai printr-o nouă acordare a radiotelescopului, semănînd într-o măsură cu învîrtirea butonului de acord de la un aparat de radio, este echivalentă în cele mai dese cazuri cu descoperirea altor „expeditori": atomi, molecule, radicali chimici.

Pe această cale, în 1963 s-a dezvăluit prezența radicalului hidroxil (OH) în mediul interstelar. El însoțea întotdeauna spectrul de emisie al zonelor HII, zone de hidrogen fierbinte. Aici apărea o circumstanță de observație care a stîrnit curiozitate. În majoritatea cazurilor, evidențierea *hidroxidului* se făcea cu ajutorul unei linii de absorbție, destul de largă, situată chiar în spectrul de emisie radio al norilor de tip HII. Faptul acesta nu dădea naștere la nici un fel de neclarități. Iată că s-au observat, însă, și cazuri cînd, dimpotrivă, *hidroxidul* își manifesta prezența în spațiu, emițînd o linie îngustă și intensă ce corespundea exact lungimii de undă absorbită de el în setul de condiții examinate mai sus. Comportarea aceasta neobișnuită a hidroxilului a fost explicată printr-un mecanism de *maser* principial identic cu laserul, dar lucrînd nu cu lumină, ci cu microunde. În cronologia terestră a invențiilor, *maserul* este predecesorul laserului. *Maserul cosmic natural* funcționează în modul următor: moleculele de hidroxil ajung pe nivele energetice superioare, ca urmare a absorbției primare a radiațiilor de la o sursă laterală oarecare. În felul acesta se îndeplinește operația denumită de fizicieni „pompaj optic". Pentru ca procesul să fie eficient, ar trebui ca numărul de radicali hidroxil în unitatea de volum să fie mult mai mare decît concentrația observată la mediul interstelar normal. Din această cauză, atunci cînd un

număr foarte mare de radicali trec simultan de pe o stare excitată (în urma „pompajului") pe alta de energie mai joasă, se produce o emisie de unde radio extrem de intensă și de bine direcționată.

În aceleași domenii spațiale, în care apare *maserul cu hidroxil*, în 1968 s-a descoperit încă un tip de *maser*, „cu apă", dezvăluind astfel prezența moleculei de apă în cosmos.

Observarea *maserului cosmic natural* a constituit, desigur, o mare surpriză printre astrofizicieni. Raza lui a fost o adevărată rază de speranță pentru teoriile în care interveneau *protostelele*. Pentru că, s-au întrebat astrofizicienii, unde se pot forma astfel de concentrații mari de particule în mediul interstelar? În *protostele*, evident, și-au răspuns ei, în acele regiuni în care gazul manifestă tendințe de comprimare dintr-o cauză sau alta. Astfel, pentru prima dată apărea posibilitatea să se arunce o privire în interiorul acelor regiuni de multă vreme bănuite, dar niciodată observate în mod direct pînă la acel stadiu al cercetării. Raza *maserului* era afectată de un efect Doppler destul de notabil, mărturisind că învelișul gazos al *protostelei* se contractă cu viteza de 10—30 km/s. Continuînd să privească înspre acele locuri enigmatice ale mediului interstelar concentrat, cercetătorii au descoperit o cohortă de molecule de cele mai diverse grade de complexitate. Aldehida, radicalul cian, alcoolul metilic, sulfura de carbon, amoniacul, cianacetilena și altele au apărut, dezvăluind o chimie organică nebănuită pînă atunci, care ar putea fi prezentă în cosmos.

Abundența observată de molecule organice, însoțind ipotetice nebuloase protostelare și, deci, și protoplanetare, ale celui de-al treilea ciclu de geneză a stelelor în Galaxia noastră, ne face să credem că numărul real al acestor compuși este cu mult mai mare. Cîțiva astrofizicieni au ajuns chiar să creadă că în acele regiuni ajung să se sintetizeze toate substanțele necesare vieții, molecule cu grad de complexitate ridicat, inclusiv aminoacizii, constituenți fundamentali ai materiei vii. În felul acesta, în procesul de diferențiere a *mediului protostelar* în *steaua centrală* și, eventual, în *sistemul planetar* care o orbitează, sînt prezenți de la bun început și *germenii vieții*. Ei așteaptă doar epoca în care vor fi create efectiv condițiile favorabile pentru a se dezvolta, în speță un „soare bun" și o zonă ambiantă de stabilitate, căldură și liniște, numită *ecosferă*, în care vor fi orbitînd, printr-o șansă poate nu cu totul extraordinară, una sau mai multe planete de felul Pămîntului.

Capitolul XVI | CĂUTAREA CIVILIZAȚIILOR EXTRATERESTRE

Descifrarea unui mesaj cosmic de către astronomul scoțian Duncan Lunan (v. „România liberă" nr. 8843, „Lumea" nr. 13/1973) pune în plină lumină transferul problemei civilizațiilor extrapămîntești din planul literaturii științifico-fantastice, în cel al științei.

De fapt, chestiunea pluralității lumilor locuite este mult mai veche decît anticipația științifică propriu-zisă. Reflexele ei pot fi decelate în vechi texte sanscrite precum și în doctrinele unor filozofi antici (Anaxagora, Epicur etc). Ideea anaxagoriană, că spiritul (nous) are drept una dintre calitățile sale universalitatea, poate fi considerată ca prima tentativă de afirmare a multiplicității rațiunii, a formelor inteligenței în cosmos. Este interesant că ideea opusă — cea de excepție, de unicitate a speței raționale umane în Univers — apare mult mai tîrziu, implicată în concepția geocentrică ptolemaică, răsturnată de revoluția copernicană. Timp de trei secole (XVII, XVIII, și XIX) pătura cultă a populației Occidentului crede în existența unor subiecți raționali pe alte corpuri cerești ca într-un fapt evident. Acceptare facilitată și de epoca marilor descoperiri geografice, de obișnuința cu veștile despre neamuri ciudate de oameni descoperite în îndepărtate ținuturi. Marele matematician Gauss propunea chiar, în veacul trecut, să se traseze în taigaua siberiană o rețea de figuri geometrice gigantice, vizibile din cosmos, menite să arate iluștrilor noștri vecini marțieni că pămîntenii cunosc teorema lui Pitagora. Dar începutul veacului XX dă o lovitură acestei viziuni optimiste. Teoria cosmogonică a lui James Jeans (ciocnirea dintre Soare și o stea, ejectarea materiei din Soare și formarea salbei de planete din acest material) ducea la concluzia că sistemul planetar al Soarelui (și, deci, Pămîntul cu viața de pe el) reprezintă un eveniment excepțional în Univers, datorită probabilității sale infime de realizare. Des-

număr foarte mare de radicali trec simultan de pe o stare excitată (în urma „pompajului") pe alta de energie mai joasă, se produce o emisie de unde radio extrem de intensă și de bine direcționată.

În aceleași domenii spațiale, în care apare *maserul cu hidroxil*, în 1968 s-a descoperit încă un tip de *maser*, „cu apă", dezvăluind astfel prezența moleculei de apă în cosmos.

Observarea *maserului cosmic natural* a constituit, desigur, o mare surpriză printre astrofizicieni. Raza lui a fost o adevărată rază de speranță pentru teoriile în care interveneau *protostelele*. Pentru că, s-au întrebat astrofizicienii, unde se pot forma astfel de concentrații mari de particule în mediul interstelar? În *protostele*, evident, și-au răspuns ei, în acele regiuni în care gazul manifestă tendințe de comprimare dintr-o cauză sau alta. Astfel, pentru prima dată apărea posibilitatea să se arunce o privire în interiorul acelor regiuni de multă vreme bănuite, dar niciodată observate în mod direct pînă la acel stadiu al cercetării. Raza *maserului* era afectată de un efect Doppler destul de notabil, mărturisind că învelișul gazos al *protostelei* se contractă cu viteza de 10—30 km/s. Continuînd să privească înspre acele locuri enigmatice ale mediului interstelar concentrat, cercetătorii au descoperit o cohortă de molecule de cele mai diverse grade de complexitate. Aldehida, radicalul cian, alcoolul metilic, sulfura de carbon, amoniacul, cianacetilena și altele au apărut, dezvăluind o chimie organică nebănuită pînă atunci, care ar putea fi prezentă în cosmos.

Abundența observată de molecule organice, însoțind ipotetice nebuloase protostelare și, deci, și protoplanetare, ale celui de-al treilea ciclu de geneză a stelelor în Galaxia noastră, ne face să credem că numărul real al acestor compuși este cu mult mai mare. Cîțiva astrofizicieni au ajuns chiar să creadă că în acele regiuni ajung să se sintetizeze toate substanțele necesare vieții, molecule cu grad de complexitate ridicat, inclusiv aminoacizii, constituenți fundamentali ai materiei vii. În felul acesta, în procesul de diferențiere a *mediului protostelar* în *steaua centrală* și, eventual, în *sistemul planetar* care o orbitează, sînt prezenți de la bun început și *germenii vieții*. Ei așteaptă doar epoca în care vor fi create efectiv condițiile favorabile pentru a se dezvolta, în speță un „soare bun" și o zonă ambiantă de stabilitate, căldură și liniște, numită *ecosferă*, în care vor fi orbitînd, printr-o șansă poate nu cu totul extraordinară, una sau mai multe planete de felul Pămîntului.

Capitolul XVI | CĂUTAREA CIVILIZAȚIILOR EXTRATERESTRE

Descifrarea unui mesaj cosmic de către astronomul scoțian Duncan Lunan (v. „România liberă" nr. 8843, „Lumea" nr. 13/1973) pune în plină lumină transferul problemei civilizațiilor extrapămîntești din planul literaturii științifico-fantastice, în cel al științei.

De fapt, chestiunea pluralității lumilor locuite este mult mai veche decît anticipația științifică propriu-zisă. Reflexele ei pot fi decelate în vechi texte sanscrite precum și în doctrinele unor filozofi antici (Anaxagora, Epicur etc). Ideea anaxagoriană, că spiritul (nous) are drept una dintre calitățile sale universalitatea, poate fi considerată ca prima tentativă de afirmare a multiplicității rațiunii, a formelor inteligenței în cosmos. Este interesant că ideea opusă — cea de excepție, de unicitate a speței raționale umane în Univers — apare mult mai tîrziu, implicată în concepția geocentrică ptolemaică, răsturnată de revoluția copernicană. Timp de trei secole (XVII, XVIII, și XIX) pătura cultă a populației Occidentului crede în existența unor subiecți raționali pe alte corpuri cerești ca într-un fapt evident. Acceptare facilitată și de epoca marilor descoperiri geografice, de obișnuința cu veștile despre neamuri ciudate de oameni descoperite în îndepărtate ținuturi. Marele matematician Gauss propunea chiar, în veacul trecut, să se traseze în taigaua siberiană o rețea de figuri geometrice gigantice, vizibile din cosmos, menite să arate iluștrilor noștri vecini marțieni că pămîntenii cunosc teorema lui Pitagora. Dar începutul veacului XX dă o lovitură acestei viziuni optimiste. Teoria cosmogonică a lui James Jeans (ciocnirea dintre Soare și o stea, ejectarea materiei din Soare și formarea salbei de planete din acest material) ducea la concluzia că sistemul planetar al Soarelui (și, deci, Pămîntul cu viața de pe el) reprezintă un eveniment excepțional în Univers, datorită probabilității sale infime de realizare. Des-

coperiri științifice ulterioare au eliminat însă ideea lui Jeans. Ipoteza ciocnirii a fost înlocuită cu teorii cosmogonice mult mai plauzibile, în care geneza stelelor și constituirea sistemelor planetare sînt fenomene nemijlocit legate, componente ale unui singur proces — condensarea concomitentă a planetelor și aștrilor centrali din mediul primordial de gaze și pulberi. Întrucît Soarele este o stea cu nimic deosebită printre altele, devine foarte probabil ca formarea sistemelor planetare să se fi repetat și pentru alți aștri din Galaxie. Însă observarea lor directă constituie o problemă tehnic mai dificilă decît numărarea firelor de nisip de pe o plajă din America cu ajutorul unui telescop plasat deasupra Europei. Și totuși, în pofida acestor greutăți, un grup de astronomi extraordinar de răbdători a reușit să pună în evidență, destul de aproape de Soare, un sistem planetar (mai exact, planeta cea mai masivă a acestui sistem, similară lui Jupiter). Această stea, aflată în constelația *Ophiucus*, este a doua în ordinea distanțelor față de Soare și a fost descoperită către sfîrșitul secolului al XIX-lea de Edward Emerson Barnard, un astronom caracterizat printr-o extraordinară agerime a ochiului.

Steaua lui Barnard, invizibilă cu ochiul liber, a fost descoperită de acesta pe vremea cînd lucra în prima echipă de la observatorul Lick. Astrul a atras mai tirziu atenția astronomului Van de Kamp. Într-un program de cercetare inițiat de acesta și care s-a întins pe parcursul cîtorva decenii, au fost examinate cîteva zeci de mii de fotografii ale stelei, în care au putut fi constatate anumite „oscilații" periodice ale poziției sale, observații interpretate ca mărturisind existența unui companion invizibil. Este un exemplu de tehnică indirectă pentru descoperirea unei planete. Detectarea directă a planetei, obținerea efectivă a imaginii planetei, nu a putut fi realizată însă nici pînă acum. Nu pentru că noi nu am avea telescoape suficient de puternice. Problema critică este aceea de contrast luminos. Dacă, de pildă, în jurul unei stele de mărimea și luminozitatea Soarelui am încerca să identificăm o planetă de mărimea și luminozitatea lui Jupiter, atunci ar trebui să avem tehnici optice, sau optico-electronice, capabile să deosebească la fiecare milion de fotoni venind de la stea, un singur foton sosind de la planetă. O modalitate de surmontare a acestui handicap ar fi aceea de a urmări emisiunile celor două astre nu în spectrul vizibil, ci în infraroșu, unde se consideră că luminozitățile lor ar fi comparabile.

Un sprijin neașteptat pentru ideea existenței unor ființe inteligente extrapămîntești vine din partea cosmologiei moderne. Considerînd jocul și echilibrul evolutiv al forțelor fizice care participă la structurarea universului, se constată (o constatare teoretică, firește) că modificări inițiale mici în raportul acestor forțe vor conduce la universuri diferite. Într-unele dintre aceste universuri substanța nu poate exista decît sub formă de plasmă stelară, în altele apar zone în care sînt permise scăderi locale ale temperaturii și condensări ale materiei producînd stările de agregare cu care sîntem obișnuiți pe Pămînt. Numai într-o unică variantă a condițiilor inițiale, universul poate să se arate atît de bogat și, într-un sens, atît de generos, încît să permită apariția vieții și evoluția ei pînă la forma inteligentă. Deci, în universul real, în care trăim noi, specia Homo Sapiens, existența vieții este condiționată de proprietăți bine definite ale universului, ale forțelor și cantității de materie ce se găsesc în el. Constatarea aceasta, aparent banală, dar care în realitate ascunde un tîlc profund, îmbracă în cosmologie haina principială. Principiul *antropic*, căci aceasta este denumirea lui, are diverse formulări, mai „tari" ori mai „slabe". Să îl acceptăm în varianta următoare, ușor inteligibilă: proprietățile universului, care se exprimă în valorile pe care le au constantele fizice fundamentale, sînt conectate, în fapt determină, acea direcție a evoluției lumii care duce la apariția vieții, în particular a formelor raționale, antropomorfe chiar, ale vieții. (Principiul nu exclude posibilitatea existenței formelor neantropomorfe ale vieții și inteligenței).

Punerea problemei contactului cu civilizațiile extraterestre în coordonate științifice actuale a fost întreprinsă de savanții americani Giuseppe Cocconi și Philip Morrison într-un studiu publicat în anul 1959 în revista britanică „Nature". Concluzia lor era că știința pămîntească poată să contacteze, prin intermediul undelor electromagnetice, civilizații cu o teorie tot atît de dezvoltată ca și a noastră.

La 11 aprilie 1960, la nici un an de la expunerea acestei idei, avea loc, sub conducerea lui Frank Drake, prima încercare de stabilire a unei legături cu posibile ființe ale altui sistem. Era vorba despre celebrul „proiect Ozma". Folosindu-se radiotelescopul de la Deer Creek Valley, acordat pe lungimea de undă de 21 centimetri, au fost cercetate eventualele surse de semnale radio artificiale: Tau Ceti și Epsilon Eridani, două stele din apropierea Soarelui. Privind în urmă, după mai bine

de două decenii, această experiență, trebuie să remarcăm că optimismul manifestat atunci pare exagerat. Pe ce se bazau speranțele realizatorilor proiectului Ozma? Pe faptul că cei 21 centimetri reprezintă un etalon natural de lungime, fiind caracteristica unui proces extrem de răspîndit la scară galactică — radiația hidrogenului interstelar rece, care formează brațele spirale ale Galaxiei. Tocmai pe lungimea de undă de 21 centimetri a lucrat Drake, considerînd-o pe vremea aceea ideală pentru legătura interstelară, datorită caracterului ei universal. Însă de atunci savanții au ajuns să cunoască ceva mai bine radiația mediului interstelar, iar lungimea de undă a hidrogenului este concurată de alte lungimi de undă.

Radiația cu lungimea de undă de 18 centimetri a reușit la un moment dat să provoace o alertă falsă. Radioliniile de 18 centimetri au o comportare destul de neobișnuită pentru un fenomen cosmic, fiind emise de către radiosursele cu cele mai mici dimensiuni unghiulare cunoscute pînă în prezent, posibil indiciu al provenienței artificiale. Pentru a se consemna caracterul lor enigmatic au fost botezate liniile de „misterium". Pînă la urmă, toate s-au lămurit : fusese observat un fenomen fizic nou, efectul de *maser natural*. O suspiciune de același gen a fost manifestată în august 1967, la Mullard, cînd fuseseră recepționate semnalele radio ale *pulsarilor*.

Pentru ca pe viitor să fie excluse astfel de erori, care sînt criteriile ce ar trebui să ghideze căutarea semnalelor în spațiu ? Radio-astronomul I. S. Shklovski a propus, într-o primă abordare a subiectului, concepția „minunii cosmice". Prin „minune cosmică", el înțelege observarea activităților unor ființe raționale la scară astronomică ; „...putem observa", spunea Shklovski, „civilizații foarte îndepărtate de noi, pentru că obiectele legate de ele nu se supun legităților materiei nevii sau conduc la caracteristici uimitoare sau chiar nenaturale". Criteriul s-a dovedit însă ineficient chiar în cazurile menționate mai sus, unde periodicitatea strictă *(pulsarii)* și dimensiunile unghiulare reduse *(maserul natural* emițînd pe lungimea de undă de 18 centimetri) au părut adevărate „minuni cosmice" la momentul respectiv. Pînă la urmă, criteriile acestea ar trebui să fie multiple : direcționarea în spațiu a radiației, regularitatea și ordonarea semnalelor, polarizarea lor determinată, particularități în spectru, statistica variațiilor cîmpului electric etc.

De la activitatea de pionierat a lui Cocconi și Morrison, atenția unui număr tot mai mare de savanți a fost atrasă de

investigarea modalităților de contact cu civilizațiile extraterestre. Se presimte nașterea unei științe noi, de contact, și se propun denumiri pentru aceasta : „exosociologia" — prin analogie cu „exobiologia" (știința despre geneza și evoluția vieții dincolo de limitele Pămîntului) și „cosmosofia" — înțelepciunea cosmică. În 1961, stimulată de „proiectul Ozma", Academia națională de științe din S.U.A. organizează o discuție specială a chestiunii contactului cu inteligențe extraterestre. Manifestări de același gen se vor repeta, atît în Statele Unite, cît și în Uniunea Sovietică. În fine, prima conferință internațională, destinată subiectului, a avut loc, în septembrie 1971, la Biurakan, în Armenia. Întîlnire de lucru patronată de Academia de științe a U.R.S.S. și de Academia națională de științe din S.U.A. Denumirea oficială a conferinței a fost CETI — sigla de la Communication with Extra Terrestrial Intelligences. În afară de ceea ce înseamnă (Comunicarea cu Extratereștri Inteligenți), titulatura mai are un tîlc ascuns, relevat de Carl Sagan, șeful delegației americane. *Ceti* e genitivul latinescului Cetus (numele unei constelații) și cuvîntul îți sugerează fără să vrei Tau Ceti, cea dintîi stea spre care omul de pe planeta Pămînt a îndreptat un radiotelescop pentru a căuta semnalele unor făpturi raționale. Oricum ar fi, termenul s-a dovedit reușit și, „adopted by repetition", a făcut să se vorbească nu despre ezotericele „exosociologie" ori „cosmosofie", ci pur și simplu despre problema CETI, programul CETI ș.a.m.d.

În timpul pregătirii conferinței CETI de la Biurakan, printre participanți a fost difuzat formularul unei anchete. Una dintre întrebări se referea la tipurile de civilizații posibile. Reproducem aici un răspuns interesant, cel al sovieticului A. E. Andrievski : „Mi se pare justificat", scria el, „să se separe potențial bănuitele civilizații extraterestre (CE) în două categorii. Prima categorie să o denumim : civilizații extraterestre ale „omuleților verzi" (OV), avînd în vedere că, deși CE de acest fel se pot deosebi de noi sub multiple aspecte, („ei" sînt „verzi"), totuși aceste civilizații rămîn antropomorfe ; informația de care dispun ele poate fi înțeleasă de noi, dacă nu imediat, cel puțin în limitele unui timp accesibil. A doua categorie o constituie civilizațiile extraterestre de tipul „putere necurată" (PN). Sensul acestei denumiri rezidă în completa imposibilitate de a le explica indiciile exterioare și comportamentul de pe pozițiile antropomorfismului. Evident că această împărțire este conven-

ţională, pentru că pe măsura propriei noastre evoluţii, anumiţi reprezentanţi de tipul PN vor fi reabilitaţi şi trecuţi în rîndul CE de primul tip".

La conferinţa de la Biurakan s-a discutat mult despre formele pe care ar putea să le îmbrace civilizaţiile extraterestre neantropomorfe (de tipul PN, în formularea lui Andrievski). Negarea posibilităţii existenţei lor a fost violent combătută ; acelaşi Carl Sagan a declarat că un asemenea punct de vedere poate fi pe bună dreptate tratat ca „şovinism". Un şovinism „cosmic", bineînţeles. Cînd astronomul englez Thomas Gold a încercat să infirme şansele genezei unei raţiuni pe bază de plasmă (a patra stare de agregare a materiei), a fost supus unor critici atît de eficiente, încît şi-a schimbat punctul de vedere, amintind că astrofizicianul Fred Hoyle, concetăţeanul său, imaginase o astfel de fiinţă de plasmă în *Norul negru*, un roman ştiinţifico-fantastic.

Trebuie să subliniem largul caracter interdisciplinar al reuniunii de la Biurakan. Analiza multilaterală, la care şi-au dat concursul astronomi, fizicieni, biologi, antropologi, istorici, sociologi, filozofi, specialişti în cibernetică, informatică şi telecomunicaţii, a demonstrat că viitorul contact cu extratereştrii va avea un impact într-un larg spectru de preocupări umane : tehnice, ştiinţifice, filozofice. Concluzia unanimă a fost aceea că, sub modesta siglă CETI, sîntem martorii apariţiei unei noi direcţii ştiinţifice, la joncţiunea unor ştiinţe dintre cele mai diverse. Concluzia aceasta era totuşi excesiv de optimistă. În primul rînd deoarece contactul şi comunicarea cu civilizaţiile extraterestre trebuie să fie precedată de căutarea lor. De aceea, la ora actuală, termenul CETI este concurat de acronimul SETI, unde iniţiala de la Search (căutare) înlocuieşte iniţiala de la „Comunication". (Oricum, în limba română cuvintele căutare şi comunicare au aceeaşi iniţială, deci sigla CETI rămîne aceeaşi).

Sub influenţa entuziasmului de la Biurakan, proiectele de căutare a civilizaţiilor extraterestre au proliferat. Dar toate, fără nici o excepţie, au înregistrat rezultate negative.

Să încercăm să găsim o explicaţie pentru aceste date negative. „Spaţiul căutării" radioastronomice a civilizaţiilor extraterestre poate fi imaginat ca un spaţiu abstract, caracterizat prin trei parametri sau trei grade de libertate. Primul parametru este *direcţia* semnalului, al doilea este *frecvenţa* sa, în fine, cel de al treilea parametru e *sensibilitatea* receptorului.

Dacă se impun domeniilor în care pot să ia valori aceşti parametri anumite limite rezonabile, plauzibile, atunci se poate desena un anumit volum în acest spaţiu abstract, unde are sens să se facă investigaţii CETI. Se constată că în proiectele de tip Ozma, realizate pînă acum (în număr de aproximativ zece), nu a fost investigată decît o fracţiune de sutime de milionime de miliardime din volumul plauzibil din „spaţiul căutării".

În urma acestor eşecuri succesive s-a simţit necesitatea de a se introduce criterii mai productive de căutare a civilizaţiilor extraterestre. Să amintim clasificarea energetică a civilizaţiilor, propusă de astrofizicianul sovietic Nikolai Kardaşev : civilizaţiile de ordinul I folosesc toată energia disponibilă la scară planetară, civilizaţiile de ordinul II utilizează o cantitate de energie comparabilă cu aceea emisă de astrul central, în sfîrşit, civilizaţiile de ordinul III ar putea dispune de întreaga energie a unei galaxii.

Luînd drept bază pentru discuţie această clasificare, precum şi restricţia impusă de principiul doi al termodinamicii asupra proceselor de conversie a energiei, rezultă că prezenţa civilizaţiilor de ordinul II (care folosesc o energie egală cu aceea a Soarelui) ar putea fi detectată sub forma unor surse emiţînd în infraroşu şi avînd dimensiuni unghiulare extrem de mici. Aici au fost înregistrate cîteva semne de speranţă. Într-adevăr, rezultatele cercetării astronomiei în infraroşu asupra părţii centrale a Galaxiei arată prezenţa unor astfel de surse. Dintre care una, corespunzînd unei temperaturii de 2 000 K, s-ar părea că se găseşte chiar în centrul Galaxiei. Dimensiunea acestei surse centrale atinge 500 de unităţi astronomice, în acelaşi domeniu fiind observată şi o radiosursă ceva mai mică decît jumătate din distanţa arătată mai sus. Luminozitatea în infraroşu a sursei centro-galactice este enormă : de un miliard de ori mai mare decît luminozitatea optică a Soarelui.

Pe de altă parte, conform reprezentărilor actuale privind distribuţia „golurilor negre" în Galaxie, un „black hole" cu masa de cel puţin un milion de mase solare ar putea să existe în centrul galactic. Forţele mareice din jurul acestui „gol negru" ar fi atît de importante, încît orice structură realizată din materiale cunoscute pe Pămînt ar fi imediat distrusă. Poate exista viaţă, în particular viaţă raţională, în aceste condiţii extreme ? Răspunsul astrofizicienilor sovietici Kardaşev şi Kaplan, care analizează această situaţie, este pozitiv.

Actualmente, unii fizicieni teoreticieni (Kerr și alții) consideră că un „gol negru" ar trebui să se comporte ca un fel de „mașină a timpului". Dacă ipoteticii centro-galactieni au învățat să trăiască împreună cu acel „gol negru" din sistemul lor, posibilitatea călătoriei în timp, favorizată de o asemenea vecinătate, ar putea face ca viața împreună un „black hole" să fie extrem de interesantă.

Dar începînd cu a doua jumătate a anilor șaptezeci, scepticismul pare să cîștige teren. Doar un efort cu totul derizoriu a fost consacrat căutării semnalelor unor civilizații extraterestre, deși noi radiotelescoape gigantice și noi proceduri de investigare radioastronomică au intrat în uz.

Ca reacție la această tendință, o adevărată „petiție internațională" a fost publicată în revista „Science" (în octombrie 1982), de către un grup de peste cincizeci de oameni de știință ; nu toți sînt radioastronomi, iar unii dintre ei sînt laureați Nobel. „Acesta e timpul pentru a începe !" se spune în pateticul lor apel către comunitatea științifică mondială.

„Cerem imperios organizarea unei căutări internaționale coordonate a ființelor raționale extraterestre". E reamintit apoi faptul că datorită dezvoltării radiocomunicațiilor terestre, al creșterii numărului de emițătoare civile și militare, cu efecte de interferență pe undele radio, „realizarea unui astfel de program va deveni tot mai dificilă pe măsură ce așteptăm".

Semnatarii scrisorii (al cărei text pare să fi fost pregătit de cunoscutul Carl Sagan) susțin că utilizarea tehnologiei radioastronomice moderne, într-o cercetare întinsă pe un deceniu sau două, ar spori de un milion de ori ritmul investigării comparativ cu viteza de lucru din „proiectele Ozma".

O premiză tehnologică, pe care se bazează o astfel de prognoză, este folosirea așa-numitului *analizor spectral multi-canal*. Acesta poate fi adaptat la radiotelescoapele actuale, pentru a le mări eficiența căutării semnalelor de la civilizațiile extraterestre. Prototipul unui analizor a fost realizat în 1981, el fiind capabil să „asculte" pe 65 000 de canale radio simultan. Principiul său de lucru se bazează pe tăierea, fărîmițarea unui spectru radio continuu într-o mulțime imensă de mici bucăți. Următoarea variantă, îmbunătățită, de *analizor multi-canal*, este capabilă să efectueze secționări ale spectrului radio în zece milioane de segmente înguste, pe care le investighează concomitent. Aici se aplică informatica, tehnica modernă de calcul, și întrucît se știe că prețul operațiilor pe care le poate face calculatorul este într-o scădere spectaculoasă în ultima vreme, este de așteptat ca și costul unei căutări extensive și cordonate a semnalelor radio avîndu-și sursa în cosmosul îndepărtat să nu atingă valori prea ridicate.

Care sînt direcțiile spațiale cele mai indicate pentru o asemenea cercetare ?

Un fel de subiectivitate heliocentristă ne îndeamnă să credem că în jurul stelelor asemănătoare Soarelui nostru, deci stele galbene din clasa spectrală G, s-ar fi putut dezvolta forme de viață rațională pe planete similare Pămîntului. Astronomii au numărat deja 773 de astre de acest fel, cuprinse într-o sferă cu raza de 80 de ani-lumină de la Pămînt. Aceste astre vor fi ținte prioritare într-un viitor program CETI.

Dar după ce va fi fost încheiată această fază (cu un succes, probabil dubitabil), ce prelungiri va căpăta programul CETI ? Unii astrofizicieni favorizează o căutare înspre centrul Galaxiei, unde aglomerarea de stele, probabil și de planete, este foarte mare. Alte opinii înclină înspre o cercetare pe conturul cercului corotațional al Galaxiei, pe desenul căruia se află și Soarele. Știm că Galaxia nu se rotește ca un disc compact, ale cărui puncte au aceeași viteză unghiulară. În Galaxie, vitezele unghiulare ale punctelor materiale cresc mai întîi, odată cu creșterea distanței de la axa de rotație, înregistrează un maxim pe un cerc galactic unde se află și Soarele, apoi prind să scadă lent. Mai știm că ne aflăm într-o galaxie cu brațe spirale, spiralarea fiind indusă de o undă ce a provocat condensarea, aglomerarea materiei. Cercul corotațional este tocmai locul pe care viteza unghiulară a stelelor în rotație circumgalactică este egală cu viteza undei ce a generat brațele spirale ale Galaxiei.

Să fie într-adevăr cercul corotațional, „Marele Cerc" al lumilor raționale, pe care îl anticipa fantezia lui Efremov în romanul *Nebuloasa din Andromeda* ? Fără îndoială că ideea merită să fie verificată. Așa cum remarca astrofizicianul britanic Martin Rees, pămîntenii care au fost atrași de vizionarea unor filme fantastice despre extratereștri (precum *Întîlnire de gradul trei* și altele) ar fi în egală măsură interesați să capete un răspuns real, concret, la întrebarea capitală din subiectul acestor filme : „Există sau nu acești extratereștri ?". Din cauza aceasta este foarte probabil că „petiția" în favoarea căutării radioastronomice a extratereștrilor inteligenți, prin alocarea a circa zece procente din timpul de lucru al marilor radioteles-

coape ale lumii, se va bucura de o „rezolvare" favorabilă din partea comunității științifice internaționale.

În aceeași „petiție internațională" se afirma adevărul evident că „rezultatele unei asemenea cercetări, fie pozitive, fie negative, vor avea implicații profunde pentru viziunea noastră asupra Universului".

Să ne imaginăm consecințele unui rezultat persistent negativ. Ce se va întîmpla dacă, în ciuda unui intens și îndelungat efort de cercetare, folosind tehnicile radioastronomice cele mai perfecționate, nu se va descoperi nici un semnal provenind de la vreo civilizație extraterestră? Ce se poate spune după un asemenea eșec: „Căutați mai departe"? Continuarea acestei operații ar începe să devină tot atît de lipsită de speranță și sens ca și repetatele încercări de a umple butoiul danaidelor.

Unii oameni de știință statuează de pe acum că rezultatul căutării extratereștrilor va fi infructuos. Raționamentul pe care-l avansează ei folosește ca premiză silogismul lui Enrico Fermi: „Dacă ar exista extratereștri inteligenți, ei ar fi ajuns deja și aici, în lumea noastră; pentru că nu îi observăm aici, înseamnă că ei nu există". Dar judecata nu se oprește la acest punct. Principiul *antropic* spune că formele raționale antropomorfe extraterestre pot, totuși, exista. Mai mult, că ele *trebuie* să existe. Înseamnă că un motiv principial profund limitează expansiunea civilizațiilor extraterestre antropomorfe în cosmos. Putem bănui și cauza acestei limitări. Pur și simplu o civilizație antropomorfă e stabilă doar pe intervale reduse de timp, împrejurare ce nu-i permite să ducă la bun sfîrșit cucerirea spațiilor stelare.

Deci, faptul că în urma unei investigări persistente și serioase nu se vor fi descoperit nici un fel de semnale, ce ar putea fi interpretate neechivoc ca avîndu-și sursa în aparatele unei civilizații străine, trebuie să fie privit ca un semn rău prevestitor pentru viitorul propriei noastre civilizații. Ar fi indiciul, dacă nu al unei inevitabile degenerări, atunci al apariției unui obstacol insurmontabil în evoluția către o veritabilă *civilizație galactică*. Totuși, ignoranța noastră asupra acestei probleme este atît de mare, încît aprioric nu putem spune nimic precis.

Dar între două civilizații cosmice relativ apropiate, care au ajuns într-o fază tehnologic avansată aproximativ în același timp, contactul este posibil. Amintindu-ne de rolul serendipității în descoperirile științifice, putem bănui că nu ar fi de loc

exclus și un scenariu în care întîmplarea va juca rolul principal în contactul cu o civilizație extraterestră. Va fi captat un semnal, nu neapărat destinat nouă, poate un mesaj intern, schimbat în cadrul acelei civilizații, ceva analog unei emisiuni de televiziune, de pildă. Să admitem că, într-un timp mai lung sau mai scurt, o asemenea întîmplare, căreia subiectiv îi acordăm o șansă foarte mică, se va produce totuși.

Una dintre cele mai importante întrebări puse de programul CETI o constituie descifrarea semnalelor de acest gen. Care va fi forma acelui mesaj? Se știe că există două categorii de limbaj: noțional și figurativ. Descifrarea unui limbaj noțional implică dificultăți considerabil mai accentuate decît limbajul reprezentărilor, al imaginilor. De aceea este foarte plauzibil ca într-un mesaj cosmic, prima parte să fie compusă din figuri. Firește, interpretarea figurilor nu e lipsită de ambiguitate. În capitolul următor prezentăm încercările de decodificare ale unui bănuit mesaj cosmic. Evident, orice informație are un suport fizic, trebuie să se prezinte sub forma unui fenomen fizic. Echivocul care plutește asupra acestui fenomen a făcut ca el să primească eticheta de „paradox".

Capitolul XVII INTERPRETĂRILE PARADOXULUI STÖRMER

Atunci cînd, în primul sfert al acestui secol, s-a reușit să se stabilească legătura radio intercontinentală atît prin unde lungi, cît și prin unde scurte, alături de entuziaștii care întrevedeau dezvoltarea vertiginoasă, în viitor, a acestui nou mijloc de comunicație „fără fir", s-a aflat și un număr de sceptici care afirmau că rezultatul pozitiv al experienței lui Marconi nu este decît un fruct nerepetabil al întîmplării. Pentru că, argumentau ei, suportul pe care călătorește informația sînt undele hertziene, unde electromagnetice la fel ca și lumina. Și tot așa cum lumina nu poate să se abată de la drumul ei rectiliniu, fenomen datorită căruia există cuvinte ca „umbră" și „orizont", nici undele radio nu sînt capabile să urmărească curbura suprafeței pămîntului și să atingă diverse puncte de pe glob.

Faptele au clarificat destul de repede această dispută teoretică. Undele radio cu lungime de undă mare pot să ocolească suprafața convexă a globului prin mecanismul numit „difracție", în virtutea căruia orice punct de pe suprafața pămîntului, atins de undă, poate deveni la rîndul său izvor de unde noi, fenomen ce duce la regenerarea undei purtătoare de informație. În ceea ce privește propagarea undelor scurte, un mecanism al transmiterii lor a fost propus de către Oliver Heaviside, inventatorul *calculului operațional*. „Este posibilă existența unui strat bun conducător de electricitate în atmosfera superioară", scria acesta. „Atunci undele se vor reflecta, pe de o parte de apa sărată a mării, iar pe de alta, de straturile superioare bune conducătoare de electricitate ale atmosferei". Confirmarea presupunerii sale a venit în 1925, cînd Appleton și Barnet au efectuat experiențe ce au dus la descoperirea ionosferei. Cercetătorii au trimis un semnal radio, care era captat după ce se oglindea pe straturile din atmosfera înaltă. Reflectarea se producea la o altitudine de aproximativ 100 km. Unda

reflectată se putea interpreta ca un fel de ecou; s-a putut constata prezența unor maxime și minime de interferență, fapt din care s-a tras concluzia că ionosfera este formată din straturi, pe care cercetătorii le-au notat cu D, E și F, în ordinea creșterii înălțimilor. Este potrivit să amintim aici că întîrzierea ecoului radio, ce se manifestă în acest fenomen, atinge doar cîteva miimi de secundă, valoarea mică fiind explicabilă prin viteza extrem de mare cu care se propagă perturbația electromagnetică : ea nu ar avea nevoie decît de o secundă și un sfert ca să călătorească de la Pămînt la Lună. Prin urmare, orice întîrziere mai mare de o secundă poate fi considerată ca un adevărat paradox.

Totuși, unii radioamatori, lucrînd prin anii 1920 în benzile de unde scurte, au găsit și întîrzieri mari ale ecoului radio (de ordinul secundelor). Acest efect a căpătat denumirea de „paradox Störmer", după numele geofizicianului norvegian Carl Störmer, care l-a studiat pentru prima oară în mod sistematic, sau de „fenomen L.D.E." (Long Delayed Echoes, adică „ecouri cu întîrziere mare"). S-au părea, totuși, dacă se privesc în retrospectivă unele dintre lucrările celebrului inventator Nicolae Tesla, că și el s-ar fi întîlnit cu acest fenomen. Într-o serie de experiențe pe calea deschisă de Heinrich Hertz, de generare și recepționare a undelor electromagnetice cu ajutorul dipolilor, Tesla a făcut constatarea, excitantă pentru fantezie, că primea „răspunsuri" din spațiu la semnalele sale expediate de pe Pămînt. Faptele se întîmplau pe la începutul acestui veac, dar el nu a reușit să atragă atenția oamenilor de știință, deoarece, pe de o parte, era cunoscut drept un personaj excentric, iar pe de altă parte, pentru că a fost prea grăbit să interpreteze volumul extrem de redus al datelor ce-i stăteau la dispoziție ca pe o încercare de comunicare cu ființe inteligente extraterestre.

În fine, pe măsură ce ideea lui Marconi atrăgea o mulțime tot mai însemnată de amatori în construcția și operarea aparaturii de emisie și radiorecepție, în aceeași măsură se multiplicau și indicațiile care îi dădeau cel puțin parțial dreptate lui Tesla. S-ar părea că în jurul anului 1927, radioamatorii americani A. Taylor și L. Young stabilesc indiscutabil prezența a două ecouri pentru undele scurte : unul cu întîrziere mică, reflectat de către ionosferă, și altul... „paradoxal", reflectat de un ipotetic „obiect conducător" aflat la cîteva sute de mii de kilometri față de Pămînt.

Într-un fel sau altul, știrea despre enigmaticul ecou a ajuns și la Carl Störmer, un om de știință ce manifesta un viu interes pentru procesele fizice din atmosfera înaltă, cum ar fi de pildă *aurorele polare*, în studierea cărora contribuția sa științifică este unanim recunoscută. Împreună cu un inginer radioelectronist, Balthasar van der Pol, care lucra la Eindhoven, Olanda, în laboratoarele firmei Philips, și cu un alt inginer norvegian, Jörgen Hals, el va iniția un program pentru studiul intrigantului fenomen. Investigațiile s-au întins pe parcursul anilor 1927—1929, însă rezultatele publicate de Balthasar van der Pol în revista britanică „Nature" rezumă doar experiențele din octombrie 1928.

Cercetarea a fost favorizată de circumstanța că la Eindhoven fusese instalat un puternic emițător radio pe unde scurte. De recepționarea semnalelor, însoțite sau nu de eventuale ecouri, se ocupa, la Oslo, Jörgen Hals, avîndu-l uneori și pe Störmer alături de el, dar comunicînd mereu cu acesta, pentru a-i raporta progresele observațiilor sale și a-l informa despre capriciile inexplicabile ale ecourilor radio cu mare întîrziere.

Pentru că ecourile LDE aveau cele mai neașteptate programe de apariție. Hals le-a auzit pentru prima dată la 14 aprilie 1927. Apoi a urmat o tăcere de aproape un an, după care le-a putut auzi din nou pe data de 3 aprilie 1928. Întîrzierea lungă a ecourilor era mereu de trei secunde, timp necesar unui semnal să facă distanța pînă la orbita lunară și să se întoarcă. În fine, Carl Störmer și van der Pol hotărăsc să întreprindă o nouă serie de experiențe. Acestea aveau să înceapă pe data de 25 septembrie 1928, constînd din emisia unor serii de 30 de semnale, fiecare fiind format din trei impulsuri, adică litera S din alfabetul Morse la fiecare 20 de secunde. Timp de șaisprezece zile, Jörgen Hals le-a recepționat la Oslo, fără nici un fel de ecouri anormale. Abia pe data de 11 octombrie ecourile au apărut, manifestînd predilecție pentru aceeași perioadă constatată de trei secunde, ceea ce corespundea reflecției pe un obiect metalic aflat pe orbita lunară. După care, timpii de întîrziere începură să fluctueze în chipul cel mai bizar cu putință. Această comportare stranie l-a luat pe nepregătite pe Störmer, deoarece procesul era extrem de improbabil într-un mecanism de reflexie natural, dacă nu chiar imposibil. Oricum, el auzea pur și simplu semnalele Morse răspunzînd în pilnia unui difuzor, neavînd nici un mecanism de înregistrare electromagnetică ori magnetică a sunetelor ce ar fi permis memorarea

acestor date și repetarea lor pentru o analiză laborioasă și exactă. Trebuia să se încreadă numai urechilor și ceasului său. Nu a putut nota decît aproximativ duratele întîrzierilor care, în experiența de la 11 octombrie 1928, au fost :
8 ; 11 ; 15 ; 8 ; 13 ; 3 ; 8 ; 8 ; 8 ; 12 ; 15 ; 13 ; 8 ; 8 (timpi măsurați în secunde). Cu aceste date în posesie, i-a telefonat lui van der Pol în Olanda, pentru a-l informa despre variațiile surprinzătoare ale ecourilor studiate. Amîndoi au căzut de acord că împrejurarea era extrem de neobișnuită, motiv pentru care se impunea continuarea investigațiilor. A urmat o tăcere prelungită pînă la 24 octombrie, cînd ecourile LDE reapărură. Atunci, întîrzierile semnalelor manifestau variații de la 3 la 30 de secunde. Din păcate, au fost publicate mai puțin de jumătate dintre acestea, iar restul însemnărilor, care nu au văzut niciodată lumina tiparului, s-au pierdut.

Cele patru grupuri de ecouri din 24 octombrie, care s-au publicat, sînt următoarele :
15, 9, 4, 8, 13, 8, 12, 10, 9, 5, 8, 7, 6 ;
12, 14, 14, 12, 8 ;
12, 5, 8 ;
12, 8, 14, 14, 15, 12, 7, 5, 5, 13, 8, 8, 8, 9, 10, 7, 14, 6, 9, 5, 9.

Interpretînd ecoul ca rezultat al reflexiei undelor radio pe anumite corpuri naturale din cosmos, s-ar putea infera că obiectele reflectante se află, în raport cu Pămîntul, la distanțe cuprinse între sute de mii și milioane de kilometri. Întrucît ecourile nu erau afectate de efectul Doppler de variație a frecvenței, ipoteza despre o mulțime de corpuri reflectante imobile, aflate în interiorul sistemului solar la diferite distanțe fixe corespunzînd întîrzierilor, este extrem de îndoielnică. Cu atît mai greu ar putea fi susținută ideea unui singur corp reflectant natural, deoarece el ar trebui să se găsească la diferite distanțe în raport cu Pămîntul, pentru a produce întîrzieri, iar viteza cu care ar trebui să se miște în marja intervalelor de cîte 20 de secunde, cu care semnalele erau emise de stația de la Eindhoven, ar urma pur și simplu să depășească viteza luminii !

În experiențele efectuate în anul următor au fost primite ecouri cu întîrzieri ce ajungeau pînă la trei minute și jumătate. Programul întreprins la Eindhoven și Oslo a fost, din păcate, încheiat pe data de 7 noiembrie 1929. Dar în același an 1929, o expediție franceză, trimisă în Indochina pentru a observa eclipsa totală de Soare din luna mai 1929, a reușit și ea să studieze fenomenul LDE, înregistrînd ecouri cu întîrzieri cuprinse

între 1 și 30 de secunde. Pentru a se putea ușura recunoașterea semnalelor, ele au fost anterior modulate ca înălțime și dispuse într-o anumită ordine melodică.

Ecouri cu întîrziere anormală au fost notate și de alți radioamatori nu numai pentru impulsuri în alfabetul Morse, ci și „în clar". În anul 1934, fenomenul LDE a fost observat și de fizicianul britanic Appleton, cel care descoperise stratificarea ionosferei, un om de știință a cărui onestitate intelectuală nu poate fi pusă la îndoială.

Apoi, seria de observații a fost întreruptă de perioada ostilităților din cel de-al doilea război mondial.

Cînd, după al doilea război mondial, s-a încercat să se studieze în mod sistematic enigmaticul ecou, acesta nu s-a mai produs. Cel puțin în perioada programului amintit, 1947—1949, nu s-a primit nici un răspuns anormal pe lungimea de undă de 14,5 metri, pe care s-a lucrat. Și treptat interesul pentru acest fenomen enigmatic a început să se stingă. Cu toate că, din cînd în cînd, unii radioamatori individuali, care explorau benzi de frecvențe noi, raportau prezența lui. S-ar părea că ultima comunicare privind observarea acestui fenomen datează din anul 1970.

Fenomenul a fost supus unei ample cercetări teoretice de către o echipă de fizicieni de la universitatea Stanford, California (S.U.A.). A fost demonstrată principial nu doar realitatea fenomenului, dar s-a oferit și o explicație : semnalele apar în atmosfera înaltă ca rezultat al unui mecanism de transformare a undelor electromagnetice. Semnalele „înghețată" pentru un timp, sub forma unor unde excitate în plasma ionosferică ; mișcîndu-se după liniile cîmpului magnetic terestru, undele din plasmă se distrug în final, eliberînd energia lor sub forma unei unde electromagnetice. Întîrzierea acesteia poate fi interpretată ca un fel de ecou. Totuși, trebuie făcută remarca extrem de importantă : spre deosebire de ceea ce fusese constatat în experimentul Störmer — van der Pol — Hals, ecourile cu întîrziere mare, de ordinul secundelor, au putut fi cu greu auzite. În plus, semnalele erau puternic deformate prin efect Doppler, ceea ce nu se întîmplă cu semnalele de tip Störmer. Este, deci, vorba despre două fenomene cu totul distincte.

În aceeași perioadă și tot la Stanford, radioastronomul Ronald Bracewell a revenit la vechea ipoteză a lui Tesla, într-o variantă modernizată. El a presupus că impulsurile observate de Störmer și alții erau retransmise, cu o oarecare întîrziere,

de către... o stație automată extraterestră, dispusă pe o orbită stabilă în apropierea Lunii. „Dacă luăm în considerare resursele bioingineriei, ar fi posibil ca o îndepărtată civilizație să fi realizat niște mesageri spațiali cu funcționare automată. Un asemenea mesager, aflat chiar acum în sistemul nostru solar, ar putea încerca să atragă atenția noastră asupra lui. Pentru a putea alege unda care să poată pătrunde prin ionosferă și care să fie dispusă în același timp în diapazonul folosit de noi, poate să asculte la început semnalele noastre, apoi să le trimită înapoi. Pentru noi, semnalele sondei vor aminti un ecou cu întîrzieri de secunde ori minute, de tipul acelor semnale despre care au comunicat Störmer și van der Pol cu treizeci de ani în urmă și care nu și-au primit explicația... N-ar fi de mirare să constatăm că începutul mesajului său este... imaginea unei constelații".

Consecvent ideilor sale programatice, Ronald Bracewell a consacrat multă energie descifrării semnalelor înregistrate de Störmer în 1928. Dar soluția căutată întîrzia să apară, așa că pînă la urmă Bracewell a încetat să-și mai bată capul cu această problemă enigmistică aparent insolvabilă.

Pînă cînd cineva a avut o intuiție. Este vorba despre astronomul scoțian Duncan Lunan, un om care știa despre cercetările mai recente ale lui Bracewell, ori despre acelea mai vechi ale lui Störmer și van der Pol.

„Mă gîndeam de multă vreme la ecourile întîrziate..." povestește Lunan. „La un moment dat mi-a venit următoarea idee : să înscriu pe un grafic aceste ecouri așa cum ne vin ele, cum le-au recepționat van der Pol și Störmer. În aceeași noapte am făcut pe hîrtie milimetrică un grafic al ecourilor primite și al întîrzierii acestor ecouri. Rezultatul a fost de-a dreptul uimitor", afirmă mai departe Lunan. „Reproducea pe hîrtie imaginea unei constelații lesne de identificat. Era cheia mesajului. Chemarea venea de pe acea constelație. Ființe inteligente sau mașinile lor voiau să ne comunice ceva despre acele stele. Mai mult decît atît, despre o anumită stea..."

Metodologia folosită de Lunan era extrem de simplă și de aceea este ușor de repetat.

Să luăm, de exemplu, prima serie de semnale, cea din ziua de 11 octombrie 1928. Dacă se desenează două axe perpendiculare, împărțite în puncte echidistante, trasate cu aceeași unitate de măsură, și apoi reportăm durata întîrzierii semnalului pe axa orizontală, iar numărul lui de ordine pe cea verticală, putem vedea următoarea imagine (fig. 30). Seamănă aceasta cu vreo

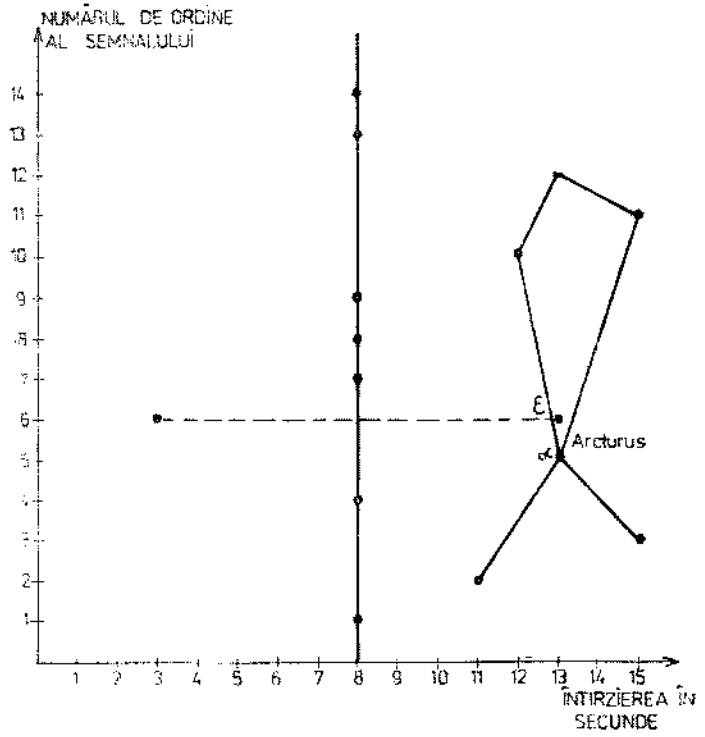


Fig. 30 O reprezentare grafică a semnalelor înregistrate de Störmer și Hals.

constelație anume? Lunan pretinde că da. „Secvențele ecourilor întîrziate reproduceau grafic constelația Boarul", își amintește acesta. Această constelație e situată pe cerul emisferei septentrionale, lîngă *Coroana Boreală* (fig. 31). Atunci, care este rostul celor șapte ecouri cu întîrziere de opt secunde? Funcția pe care le-o atribuie Lunan este de oglindă. Ele ar fi, deci, urma unui plan perpendicular pe desen, în care se oglindește punctul singuratic din stînga. Și, spune Lunan, în urma oglindirii, punctul se va suprapune exact peste „o anumită stea" din *Boarul*, notată de cosmografia terestră cu litera grecească ε. Deci, *Epsilon Boarul*, sau *Epsilon Bootes*, e astrul esențial din această constelație, nu strălucitorul *Arcturus*, a gîndit mai departe astronomul scoțian. Steaua a fost scoasă din

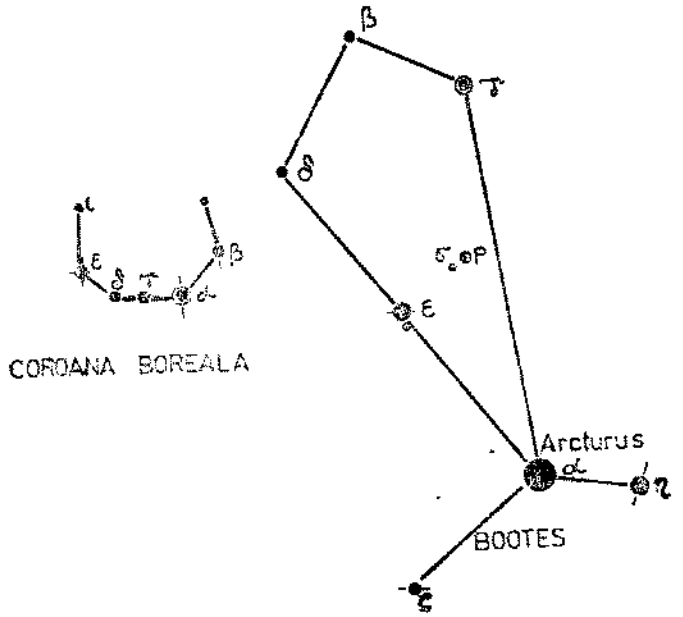


Fig. 31 O imagine actuală a constelației *Boarul (Bootes)*.

planul constelației de către cei care au alcătuit mesajul cosmic cu scopul de a arăta poziția ei specială, de *sursă* a civilizației care a expediat sonda automată. *Epsilon* este o stea dublă, de mărimea a doua, avînd culoarea unor pietre prețioase, precum smaraldul ori topazul; nu toți cei care o privesc prin lunetă cad de acord asupra culorii. Vechii astronomi arabi îi spuneau Izar. Distanța de la Pămînt și pînă la acest sistem solar dublu este de 104 ani-lumină, dedusă din măsurători de paralaxe trigonometrice. Și, întrucît ecartamentul dintre componentele dubletului este evaluat la 88,5 unități astronomice, Duncan Lunan acordă o mare probabilitate (subiectivă) faptului că cele două stele ar avea sisteme planetare distincte. Totuși, o circumstanță cu aparențe dramatice s-a relevat cercetării. Dintre cele două componente numai aceea minoră se mai află pe linia de stabilitate, pe secvența principală a diagramei Hertzsprung-Russel. Cea mai mare, aparținînd clasei spectrale K_1, fiind mai puțin masivă decît Soarele și permițînd, cel puțin într-un trecut îndepărtat, apariția vieții pe una din planetele ei, cunoaște acum

o evoluție mult mai rapidă, eliberînd în spațiu torente de energie electromagnetică și de particule încărcate și manifestînd o influență distructivă, probabil pînă dincolo de poziția soarelui secund din *Epsilon Boarul*.

Evenimentul astrofizic pe care-l suferă steaua cea mare, în limitele unui timp relativ scurt, ar fi constituit incitația cea mai teribilă pentru un exod cosmic, pentru cercetarea spațială în dimensiuni și cerințe pe care noi nu le vom încerca vreodată, pentru înțesarea Galaxiei cu traiectoriile unor sonde automate erijîndu-se în mesageri ai unei informații despre o civilizație străină și probabil de mult dispărută la data cînd altcineva va afla despre ea.

Cînd va fi ajuns acest mesager în apropierea Pămîntului?

Plecînd de la schița pe care a întocmit-o, Duncan Lunan a mai putut face constatarea că, deși asemănarea se impunea de la sine, ca o evidență, imaginea era puțin deformată în raport cu structura adevărată a constelației *Boarul*, așa cum o desenăm noi azi. Însă, afirmă Lunan, deformarea nu e consecința unei distorsiuni întîmplătoare, ci rodul unei evoluții dinamice a stelelor, a schimbării pozițiilor lor relative odată cu trecerea timpului. Că această structură deformată ar fi identică cu figura pe care ar fi arătat-o constelația, privită de pe Pămînt, în urmă cu treisprezece milenii. „Timp de 13 000 de ani", insistă Lunan, „sonda a încercat să stabilească un contact. Dar, logic, a fost imposibil..., pînă la începutul secolului XX. Pe vremea cînd sonda se instala pe orbita de așteptare în jurul Pămîntului, omul paleolitic ieșea din ultima glaciațiune. E ca și cum un telefon din spațiu ar suna de multă vreme, dar nimeni nu l-a auzit..." — sintetizează el plastic dramatica incomunicabilitate.

Întregul discurs din pasajele de mai sus a putut fi inferat numai din reprezentarea grafică a primei serii de ecouri din experimentul Oslo-Eindhoven. Seriile de semnale înregistrate de expediția astronomică franceză din 1929 au fost interpretate de Lunan în următorul fel: „...Sursa noastră e steaua Epsilon Bootes / care este o stea dublă / Noi trăim pe a șasea planetă dintr-un număr de șapte planete / Sensul numărării este socotit de la steaua noastră înspre exterior / Planeta a șasea are un singur satelit, planeta a patra are trei sateliți, prima și a treia planetă au fiecare cîte un satelit / Nava noastră se găsește pe orbită în apropierea satelitului vostru / Timpul este determinat de poziția stelei Arcturus."

Totuși, ni se pare că propozițiile precedente păcătuiesc printr-o exagerată simplitate; ele nu sînt încărcate decît cu o doză de straniu mediocru și nu se ridică nici măcar pînă la valoarea unor bune texte de literatură științifico-fantastică.

Dar faptul cel mai descurajator e acela că „mesajul" nu se pretează la o interpretare univocă. La scurtă vreme după ce Lunan și-a lansat, în 1972, ipotezele, au apărut eseuri succesive ale unor astronomi amatori și profesioniști, care prezintă și alte decriptări, mai mult sau mai puțin plauzibile. Tentativele acestea identifică rînd pe rînd astrul originar, sursa mesajului, cu vreo stea ori cu alta, deținînd poziții favorizate pe bolta cerului ori în imaginația persoanei ocupate cu „traducerea" mesajului. Au fost propuse, de pildă, Zeta din *Leul*, apoi Teta, din aceeași constelație, în fine astrul Tau Ceti, spectral asemănător Soarelui nostru. Neunivocitatea marcantă a răspunsurilor ne amintește rezultatul unui test psihologic, propus mai multor subiecți umani. Se aruncă la întîmplare stropi de vopsea pe o foaie de hîrtie albă, apoi se pretinde subiecților să numească imaginea pe care le-o stîrnește configurația întîmplătoare de pete. Se constată că imaginația ficcăruia lucrează în mod diferit. Un mesaj interstelar ar trebui, totuși, să fie structurat în așa fel, încît să excludă cu desăvîrșire ambiguități de felul acesta.

Așa cum remarcam, ultima dată cînd s-a mai observat paradoxul Störmer a fost anul 1970. Deși, în 1973, Duncan Lunan a început o cercetare extensivă a fenomenului, cu ajutorul unei aparaturi de radiocomunicație mult mai sofisticată în comparație cu cea de care se dispunea prin anii 1920, concluziile recentelor studii experimentale rămîn strict negative. Paradoxul Störmer nu mai poate fi observat. Este ca și cum automatul spațial tace, „decepționat"? Sînt, oare, procedurile noastre euristice atît de lente, încît nu am reușit, prin anii 1920, să ne încadrăm în parametrii unui răspuns inteligent, pe care-l caută programul acelor aparate străine? Nu știm. În orice caz, trebuie abordate noi strategii de studiu, noi planuri ale căutării, părăsindu-se, eventual, terenul eteric al undelor electromagnetice și trecîndu-se la o căutare efectivă, cu ajutorul unui vehicul cosmic de construcție terestră, cu sau fără echipaj uman.

Unde, în spațiul din jurul Pămîntului, ar trebui să se facă această operație?

Întrucît din rapoartele de ascultare ale radioamatorilor s-a evidențiat o corelație între timpul de observare a ecourilor Störmer și momentele trecerii așa-numitelor puncte Lagrange

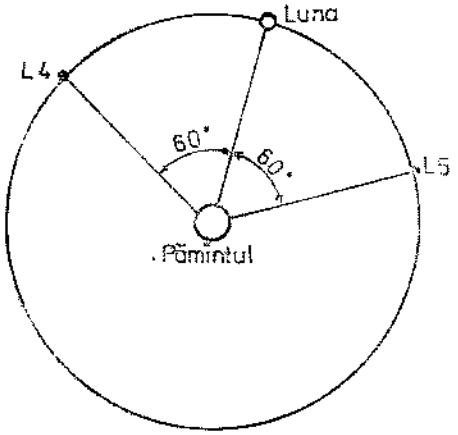


Fig. 32. În punctele Lagrange de pe orbita lunară se găsește cheia rezolvării paradoxului Störmer ?

pe la meridianul locului de observație, s-a sugerat că „mesagerul extraterestru" s-ar găsi parcat într-unul din aceste puncte (caracterizate printr-o mare stabilitate gravitațională, putînd reține, ca o capcană, meteoriți și praf cosmic). De altminteri, istoria astronomiei a mai consemnat o discuție, dacă nu aprinsă, atunci cel puțin de durată, privind eventuala existență a unor mici sateliți naturali ai Pămîntului în aceste puncte Lagrange echilaterale, L_4 și L_5, care se găsesc pe orbita lunară cu 60° înaintea și respectiv în urma Lunii (fig. 32). La ora actuală deși este stabilit cu precizie că nu există nici un fel de satelit natural al Pămîntului în afară de Lună, totuși nu se cunoaște exact ce se găsește în acele puncte Lagrange. Pentru că, prin 1956, astronomul polonez Kordylewski a putut zări acolo, cu ochiul liber, niște pete luminoase, pe care le-a fotografiat. Acestea sînt interpretate de obicei ca niște nori de praf cosmic, ceea ce este foarte plauzibil. Dar s-ar putea ca acolo să mai existe și altceva în afară de praf. Ceva care va fi descoperit într-o bună zi, clarificînd misterul *paradoxului Störmer*.

Capitolul XVIII | MODELUL UNUI IPOTETIC CONTACT CU O CIVILIZAȚIE EXTRATERESTRĂ

Unitatea cetăților grecești, dispersate în bazinul Mediteranei și al mărilor din prelungirea ei, era asigurată de oracolul apollonic de la Delfi, centru care tensiona firele legăturilor spirituale ce legau polisurile într-o rețea invizibilă, dar aceptată de bună voie. Delfi era, astfel, punctul central în asimetrica geografie a antichității elene, „buricul Pămîntului", și un omphalos de piatră fusese plantat la oracolul Pithiei, pentru a disipa orice îndoieli cosmografice.

Fapt destul de rar în istorie, se înregistrase o unanimitate interioară asupra locului axial privilegiat al Oicumenei, adică al lumii care se cunoscuse și se înțelesese pe sine, știind ce reprezintă, în opoziție și distincție relativă cu exteriorul amorf și barbar. Se spune că nicăieri nu pot fi sesizate mai uniform decît din acel loc privilegiat răspunsurile la gama de întrebări puse de neuniforma Grecie antică.

Dar, privind din afară o lume străină și închisă, cu legi culturale, sociale și istorice deocamdată criptice, observatorului aflat la primul contact și prima impresie cu aceasta îi va fi greu să definească un centru interior al sistemului populat cu oameni și gînduri, al civilizației respective. Poate că în această restricție, metodologică și obiectivă, rezidă imposibilitatea noastră, mai mult sau mai puțin de durată, de înțelegere a unor culturi stinse, cum ar fi cea preaztecă ori cea malteză, ca să ne limităm numai la două exemple. Intrînd în contextul unei chestiuni actuale, cea a O.Z.N.-urilor, putem oarecum ghici motivele rarității întîlnirilor de gradul trei : „ei" nu știu unde și cui să se adreseze, nu găsesc (pentru că nu există) punctul central al civilizației terestre, de care să-și ancoreze nava („farfuria"), nu află sursa și sorbul prin care să efectueze contactul cultural în cele două sensuri. Și nu-i putem blama pentru asta ; incertitudinea și ignoranța lor ne-o însușim, ea este necunoașterea de noi înșine.

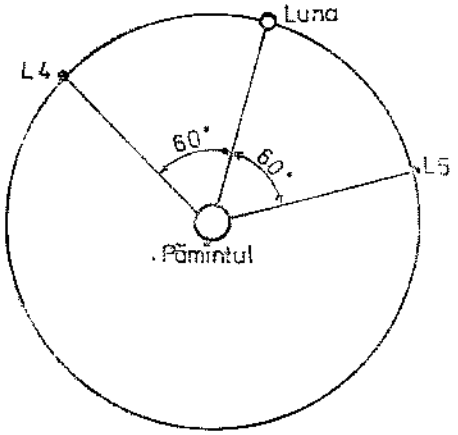


Fig. 32. În punctele Lagrange de pe orbita lunară se găsește cheia rezolvării paradoxului Störmer ?

pe la meridianul locului de observație, s-a sugerat că „mesagerul extraterestru" s-ar găsi parcat într-unul din aceste puncte (caracterizate printr-o mare stabilitate gravitațională, putînd reține, ca o capcană, meteoriți și praf cosmic). De altminteri, istoria astronomiei a mai consemnat o discuție, dacă nu aprinsă, atunci cel puțin de durată, privind eventuala existență a unor mici sateliți naturali ai Pămîntului în aceste puncte Lagrange echilaterale, L_4 și L_5, care se găsesc pe orbita lunară cu 60° înaintea și respectiv în urma Lunii (fig. 32). La ora actuală deși este stabilit cu precizie că nu există nici un fel de satelit natural al Pămîntului în afară de Lună, totuși nu se cunoaște exact ce se găsește în acele puncte Lagrange. Pentru că, prin 1956, astronomul polonez Kordylewski a putut zări acolo, cu ochiul liber, niște pete luminoase, pe care le-a fotografiat. Acestea sînt interpretate de obicei ca niște nori de praf cosmic, ceea ce este foarte plauzibil. Dar s-ar putea ca acolo să mai existe și altceva în afară de praf. Ceva care va fi descoperit într-o bună zi, clarificînd misterul *paradoxului Störmer*.

Capitolul XVIII | MODELUL UNUI IPOTETIC CONTACT CU O CIVILIZAȚIE EXTRATERESTRĂ

Unitatea cetăților grecești, dispersate în bazinul Mediteranei și al mărilor din prelungirea ei, era asigurată de oracolul apollonic de la Delfi, centru care tensiona firele legăturilor spirituale ce legau polisurile într-o rețea invizibilă, dar aceptată de bună voie. Delfi era, astfel, punctul central în asimetrica geografie a antichității elene, „buricul Pămîntului", și un omphalos de piatră fusese plantat la oracolul Pithiei, pentru a disipa orice îndoieli cosmografice.

Fapt destul de rar în istorie, se înregistrase o unanimitate interioară asupra locului axial privilegiat al Oicumenei, adică al lumii care se cunoscuse și se înțelesese pe sine, știind ce reprezintă, în opoziție și distincție relativă cu exteriorul amorf și barbar. Se spune că nicăieri nu pot fi sesizate mai uniform decît din acel loc privilegiat răspunsurile la gama de întrebări puse de neuniforma Grecie antică.

Dar, privind din afară o lume străină și închisă, cu legi culturale, sociale și istorice deocamdată criptice, observatorului aflat la primul contact și prima impresie cu aceasta îi va fi greu să definească un centru interior al sistemului populat cu oameni și gînduri, al civilizației respective. Poate că în această restricție, metodologică și obiectivă, rezidă imposibilitatea noastră, mai mult sau mai puțin de durată, de înțelegere a unor culturi stinse, cum ar fi cea preaztecă ori cea malteză, ca să ne limităm numai la două exemple. Intrînd în contextul unei chestiuni actuale, cea a O.Z.N.-urilor, putem oarecum ghici motivele rarității întîlnirilor de gradul trei : „ei" nu știu unde și cui să se adreseze, nu găsesc (pentru că nu există) punctul central al civilizației terestre, de care să-și ancoreze nava („farfuria"), nu află sursa și sorbul prin care să efectueze contactul cultural în cele două sensuri. Și nu-i putem blama pentru asta ; incertitudinea și ignoranța lor ne-o însușim, ea este necunoașterea de noi înșine.

Însă, dacă am ajuns să nu ne mai cunoaștem polarizarea internă, a civilizației Pământului, cel puțin pentru motivul că este prea multivocă, cu prea multe valențe, putem în schimb încerca să facem simularea explorării unei planete aflate în limitele ecosferei, la fel ca și Pământul. Să ne imaginăm că pe planetă se găsește un unic continent rotund (fig. 33). Dacă, la fel ca pe Pământ, viața a apărut mai întîi în oceanul primordial (faimoasa „supă primitivă" este, poate, un scenariu universal pe corpurile cerești pe care se dezvoltă viața), formele ei se vor urca pe uscat de la marginea continentului. Evident, o populație oarecare va fi răspîndită pe un areal determinat. Ea se dezvoltă în limitele acestui areal și difuzează dincolo de frontiera lui. În cadrul unui model cinetico-molecular putem reprezenta populația prin modeculele unui colorant pus într-un vas cu apă, frontiera domeniului în care se „dezvoltă populația" fiind modelată printr-o foiță foarte subțire, ușor traversată de molecule. Atunci graficul concentrației (contra distanță măsurată în direcție normală pe frontieră) are aproximativ forma unui prag teșit (fig. 34). Gradientul concentrației are aproxima-

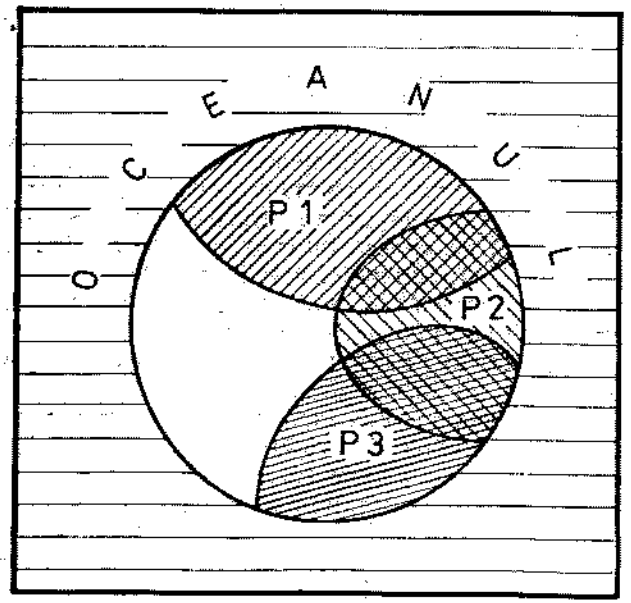


Fig. 33 Un continent unic, scăldat de oceanul planetar.

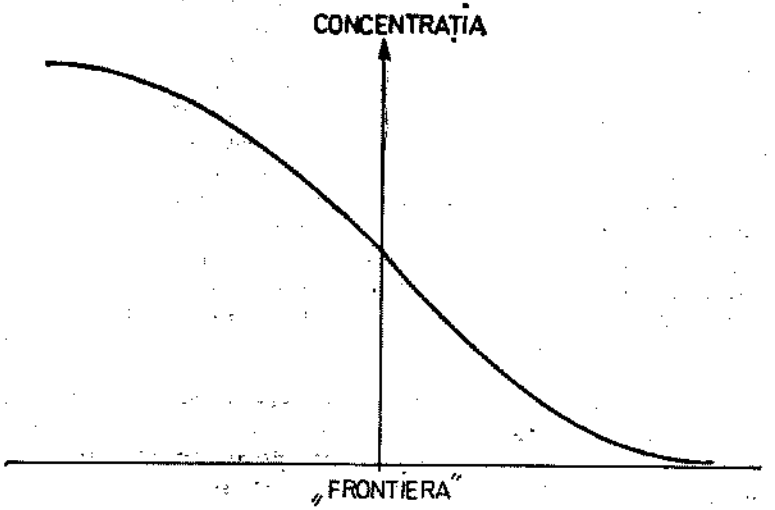


Fig. 34 Graficul concentrației unei populații de molecule care difuzează printr-o „frontieră" permeabilă.

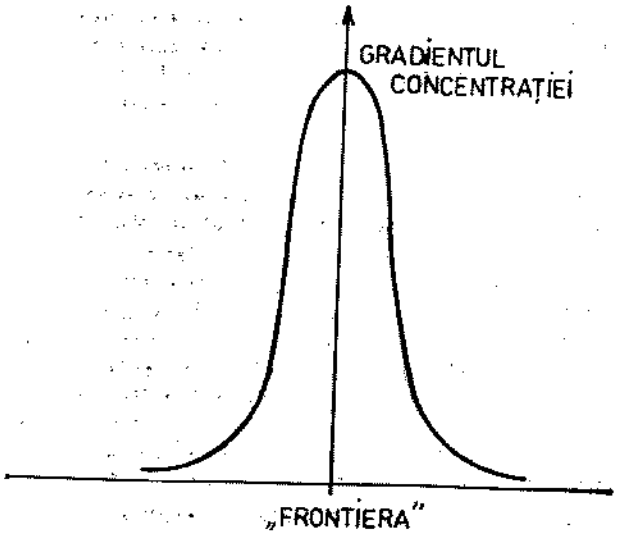


Fig. 35 *Gradientul concentrației* înregistrează cea mai mare valoare pe „frontieră".

tiv forma unui clopot cu maximul pe frontieră (fig. 35), (gradient înseamnă diferența concentrației între două puncte vecine, împărțită la distanța dintre puncte). Bineînțeles, situația aceasta este extrem de idealizată. În realitate există o mulțime de populați distincte, ale căror teritorii își intersectează frontierele, de multe ori suprapunîndu-se parțial. Să notăm cu P_1, P_2, P_3,... eventualele populații ce au ocupat teritoriile avînd „intrare la mare", intrare pentru formele vieții. Revenind la analogia cu modelul cinetico-molecular (al populației de molecule care ocupă un anumit domeniu și care difuzează prin frontiera domeniului), rezultă că gradientul maxim al concentrației va fi aproximativ în zona centrală, iar suma gradienților tuturor concentrațiilor înregistrează cu certitudine un maxim în zona centrală.

Punctul de vedere al celui care execută investigațiile este acela că se va obține un maxim de informație asupra felului elementelor care compun aceste distincte populații dintr-o singură probă luată din zona centrală. Deci, printr-un minimum de efort explorator.

Atît în acest model simplu, cît și în cazul Oicumenei cunoscute de antici, cea mai multă informație poate fi obținută în timpul cel mai scurt numai prin investigarea centrului.

Și acum să ne gîndim că o civilizație extraterestră, ajunsă în faza zborurilor cosmice, a călătoriilor siderale, încearcă să exploreze un număr indefinit de sisteme stelare, de planete care prezintă interes din motive nu totdeauna ușor traductibile în termenii noștri.

Cum ar putea să arate drumul de la o stea la alta? Pentru a economisi timpul în fazele de accelerare și decelerare, astronavele lor ar putea utiliza traiectorii alcătuite din ramuri de hiperbolă, racordate între ele. De ce hiperbolă? Pentru că, ajunsă pe o asemenea curbă în apropierea Soarelui, o astronavă îi va folosi forța de atracție ca pe un fel de „praștie" gravitațională, reorientîndu-și direcția, dar ceea ce este mai important, recîștigîndu-și energia potențială pierdută prin apropierea de el. Aserțiunea că factorul *timp* ar fi putut juca un rol enorm într-o asemenea misiune nu conține în sine nici o exagerare; cei care vin de departe și plănuiesc să se întoarcă sînt totdeauna grăbiți. Din cauza aceasta, în cercetarea lor planetară, ei vor fi tentați să aleagă tocmai acele strategii care le permit să obțină un maxim de informație într-un minimum de timp. Una dintre aceste strategii a fost figurată în modelul nostru. Cu alte

cuvinte, pe o planetă necunoscută ei vor fi tentați să aleagă tocmai zonele centrale pentru a efectua investigații rapide.

Însă în cazul Pămîntului, pentru geografia eterogenă a celor șase continente terestre, are vreun sens toată această discuție despre un centru? S-ar părea că nu, cel puțin în această eră geologică...

Aranjarea uscatului era complet diferită cu o sută pînă la două sute de milioane de ani în urmă, după cum pare să indice *teoria derivei continentelor* a lui Alfred Wegener, geofizicianul german ridiculizat pe vremuri pentru fantasmagoriile lui mobiliste avansate pe tărîmul ferm al geologiei. În mezozoic, în locul celor șase continente erau numai două: *Lawrasia*, alcătuită din America de nord și Eurasia (fără platoul indian), și *Gondwana*, formată din America de sud, Africa, India, Australia și Antarctida, separate de faimoasa și de mult dispăruta Mare Tetis. Premergător acestui stadiu, cele două pămînturi erau reunite într-un singur bloc de uscat, *Pangeea*, înconjurat de oceanul planetar, *Panthalassa*. Configurația aceasta mai exista încă la epoca formării marilor zăcăminte de antracit și huilă, în carbonifer și permian, perioadele de sfîrșit ale erei vieții vechi.

Pentru acea bucată relativ rotundă de pămînt, destul de plată, întrucît nu fusese teatrul multor orogeneze, s-ar putea defini un „centru", de unde s-ar ajunge în timpuri egale pînă la țărm. Regiunea aceea centrală cade acum pe tărîmul Africii, aproximativ pe teritoriul udat de marele cot al Nigerului, acolo unde fluviul merge un timp în întîmpinarea soarelui-răsare.

S-ar putea obiecta că două sute de milioane de ani reprezintă o durată colosală și că o civilizație poate apărea și dispărea într-un interval de timp mult mai scurt. Este adevărat. Dar, în legătură cu orice civilizație destul de avansată ca să străbată distanțe cosmice mari, se poate presupune că și-a dezvoltat mecanisme eficiente de homeostază, care-i asigură o longevitate de ordinul sutelor de milioane de ani. La scară mai mică, biologică și terestră, pentru că nu avem exemple mai bune la dispoziție, ne putem referi la comunitățile insectelor, cum ar fi unele colonii de termite australiene, care au rezistat, neschimbate, cîteva ere geologice.

Mutatis mutandis, putem presupune că o civilizație extraterestră stabilă ar cunoaște Pămîntul din epoci care concurează vîrstele reținute de stratigrafie, depășind era vieții mijlocii, mezozoică, în care s-a produs prima spărtură continentală. Ve-

nind la intervale mari de timp, în expediții de explorare, eventual cu dispozitive automate care calchiază viața și gîndirea, acea matusalemică civilizație va fi păstrat memoria centrului *Pangeei*, pentru că acolo și-a făcut primele explorări, în grabă, cu sute de milioane de ani în urmă, atunci cînd nu știau că nu vor muri așa curînd.

Dacă ultimele lor vizite s-au petrecut în timpuri istorice, interesul lor pentru străvechiul „omphalos" al *Pangeei*, un loc sigur pentru că era deja explorat, trebuie să transpară cumva din tezaurul etnografic, antropologic și arheologic al popoarelor din zona amintită.

O consultare a documentației etnografice și istorice privind regiunea respectivă, „marele cot" al fluviului Niger, scoate în lumină cel puțin două puncte în care stranietatea materialului este prezentă și intrigă. Ne referim la orașul Tombuctu și la podișul Bandiagara din Republica Mali.

„Misterioasa cetate a nisipurilor", Tombuctu, în mitologia nescrisă a populațiilor Sahelului este Orașul Unic, „locul de întîlnire al celor care călătoresc în pirogă și al celor ce călătoresc pe spatele cămilei". Un proverb medieval sudanez glăsuia : „Sarea vine de la miazănoapte, aurul de la miazăzi și argintul din țara albilor, dar cuvîntul lui Dumnezeu, știința, istoria și poveștile frumoase nu se întîlnesc decît la Tombuctu". Despre istoria orașului se cunoaște, totuși, prea puțin ; cele cîteva fapte știute, pe care le enumerăm mai jos, stîrnesc însă curiozitatea : 1) orașul a apărut ca din neant, în secolul XI al erei noastre, în Sahel, într-o arie de vînturare a populațiilor nomade, care nu era în nici un caz propice vieții sedentare ; 2) mărturiile diverșilor călători medievali care l-au vizitat, arabi ori aparținînd lumii arabe, concordă în relatarea unei lente decreptitudini a fastului și științei încorporate în el la necunoscuta lui ctitorire. Totuși, arabul Juan Leon Africanul, născut în Grenada spre sfîrșitul veacului XIV, și care putea folosi ca termen de comparație mirificele orașe ale maurilor din Spania, îl găsea încă fascinant.

Evenimentul istoric, prin care a fost întemeiat Tombuctu în Sahel, constituie o enigmă. A fost oare efectul unui „șoc cultural", produs de contactul „blînd" cu o misiune extraterestră, coborîtă tocmai în acea regiune în virtutea unui vechi ritm de explorare ? Ipoteza paleocontactului constructiv ne atrage, chiar dacă este doar reversul celei propuse de M. Agrest, a distrugerii Sodomei și Gomorei în urma contactului „dur" cu astronauții

unei alte lumi (în treacăt fie spus, e greu de-nțeles ce aveau ei cu păcatele noastre). Documente scrise din momentul de ctitorire a cetății Tombuctu nu s-au păstrat, orașul fiind la intersecția tuturor noroadelor pustiei. *Mandingii* (sau Mandinka) îl stăpîneau în secolul XV (nu se știe cîte alte seminții vor fi ținut orașul înaintea lor), după care l-au luat *tuaregii*, apoi au venit cei din neamul *Sonhrai*, urmînd distrugerea lui de către o armată marocană ; în sfîrșit *peulii*, populație cu un trecut prin excelență turbulent, l-au luat în stăpînirea lor. Este imposibil de numărat de cîte ori i-au fost prădate bogățiile (bunuri materiale și oameni) și a fost incendiat. De fiecare dată era tot mai sărac, dar ceva din el persista, rămîneau resturi ale ființei lui spirituale, care i-a asigurat perpetuarea chiar în contururi materiale tot mai degradate.

Alături de Tombuctu, dacă gîndim distanțele la scară planetară, se găsește un alt loc cu grad de dificultate enigmistică și mai mare : platoul *Bandiagara*, mărginit de faleze vertiginoase, unde locuiesc, începînd din secolul XI, dogonii, o populație pașnică de agricultori.

Acest trib de oameni mîndri și inteligenți, care se ocupă cu agricultura în niște condiții apropiate de limita primitivismului, are un sistem de credințe cosmogonice atît de interesant, încît a făcut obiectul unor cercetări speciale din partea etnologilor. Începînd din 1931, obiceiurile, dar mai ales eresurile și credințele acestui neam african au fost investigate de către o echipă de antropologi și etnografi francezi, condusă de Marcel Griaule, un nume prestigios și respectat de oamenii care lucrează în cîmpul istoriei și etnografiei, un cercetător a cărui onestitate științifică e mai presus de orice îndoială. Textele folclorului *dogon*, înregistrate de Griaule, au fost scoase de sub tipar abia în anul 1965, la cîțiva ani după moartea lui Griaule, și asta ne demonstrează că autorul nu a urmărit în nici un caz o publicitate gratuită, un senzațional pe care oricum nu ar mai fi putut să-l savureze.

De fapt, conținutul acestor texte a fost și rămîne senzațional, frizînd incredibilul, calomniat chiar ca o mare mistificare. Pentru un om care le citește dezbărat de orice idei preconcepute, miturile *dogonilor*, bogăția lor spirituală, marea lor originalitate, amețitoarea lor fantezie reprezintă o revelație.

Una din ciudățeniile, pe care le arată această cultură genuină, este caracterul ei de castă, de grup spiritual privilegiat, natura sa ezoterică amintind, prin aceasta, poziția favorizată a preo-

ţimii egiptene, ori şcoala pitagoreicilor de la Crotona. Aceasta nu înseamnă, desigur, o segregare culturală, o împărţire a oamenilor tribului într-o majoritate cu un destin de *moroni*, care nu se pot adăpa la apa vie a folclorului lor, şi o minoritate autoîndrituită să aibă acces la puterea culturală. Starea de lucruri se prezintă mult mai natural şi, prin aceasta, mult mai puţin jenant, pentru că nimeni dintre oamenii tribului nu se simte nemulţumit ori înjosit. Există, pe de o parte, un sistem de legende religioase destinate uzului comun, muritorilor de rînd. Ele nu se deosebesc în mod fundamental de reprezentările altor triburi ale Africii şi cuprind în ele atîta înţelepciune, cîtă poate fi descoperită îndeobşte în folclorul oricărui neam de pe Pămînt. Griaule şi membrii echipei sale de cercetători au trăit săptămîni, luni şi ani, fără să fie conştienţi că există ceva mai mult decît atîta, ceva ţinut atît de tainic de către toţi, numai pentru că legea secretului era înscrisă în chiar matricea culturală a neamului. Totul era păstrat atît de secret, încît nu numai străinii nu-l puteau afla, dar nici măcar oamenii tribului care nu erau cuprinşi de dorinţa de a învăţa miezul tainei nu se putea împărtăşi din ea. Poate că acesta este cuvîntul cheie — *dorinţa*, curiozitatea intelectuală. Fără îndoială că în această cultură ezoterică ea opera ca o cheie programată să acţioneze întru deschiderea tainei.

Mai întîi un limbaj special şi secret trebuia învăţat de persoane alese de bătrînii tribului după criterii de inteligenţă. Aceştia erau apoi iniţiaţi într-un ansamblu de credinţe atît de fanteziste, încît nu aveau nici o aplicabilitate în viaţa de zi cu zi a tribului, pentru că nu intrau în ritualul genezei, al iubirii şi al morţii.

După timp îndelungat de la prima lor întîlnire, după ce l-au cunoscut în vigoarea şi puritatea lui spirituală, bătrînii păstrători ai secretului cosmic au hotărît să-l introducă şi pe Griaule, omul de ştiinţă care le cîştigase încrederea, în cercul de iniţiaţi în adevărurile secrete ale celui mai fascinant folclor, unde universul se prezintă ca un fruct decojit, a cărui esenţă mirabilă e oferită celui însetat de cunoaştere în cupa păstrătoare a culturii lor.

Ceea ce a reuşit să afle Griaule atunci ar putea constitui foarte bine subiectul unui roman ştiinţifico-fantastic, deoarece sistemul oral al credinţelor lor cuprinde, fapt surprinzător pentru o cultură atît de puţin evoluată în alte privinţe, cunoştinţe avansate de astronomie stelară şi galactică, adevăruri imposibil de explicat fără noţiunile de bază ale astrofizicii, descrieri amănunţite ale unor lumi astrale imposibil de observat cu ochiul liber.

Asemănarea fundamentală dintre Soare şi stele, asupra căreia insistă *dogonii*, nu ar fi atît de surprinzătoare în sine, dacă ei nu ar adăuga imediat că stelele „sînt departe de Pămînt, aproape de care se găseşte numai Soarele". Pură intuiţie ?

Radioastronomii au stabilit, în a doua jumătate a secolului XX, că în lumea galactică astrele sînt ordonate în braţe spirale şi că Soarele nostru, împreună cu toate stelele mai apropiate, se află în limitele încolăcirii braţului *Orionului*. În mod uimitor, în cosmologia folclorică a *dogonilor*, stelele constelaţiei *Orion* joacă un rol cu totul aparte, împreună cu astre din aceeaşi categorie de distanţe, cum ar fi *Pleiadele* ori *Procyon* din *Cîinele Mic*. Restul astrelor mai îndepărtate formează la rîndul lor, în credinţa *dogonilor*, un sistem ordonat într-o lume spirală. Deşi e atît de departe, noi putem vedea această lume spirală, insistă *dogonii*, pentru că ea are aparenţa unui *drum de lapte pe cerul nopţilor*. Şi, cu totul tulburător pentru imaginaţia noastră, care de la Schiaparelli şi Wells stă în aşteptarea unui frison produs de găsirea semenilor extratereştri într-o raţiune, aceeaşi *dogoni* (care nu i-au citit pe Lucian din Samosata, I. A. Efremov şi Arthur Clarke) se hazardează să creadă că în acea lume spirală de stele, „Ylou oulé" în jargonul secret al celor îndreptăţiţi să cunoască, se mai găsesc „nenumărate pămînturi" cu populaţii fantastice, „cu corn, cu coadă, cu aripi şi tîrîtoare". Mai mult, lumea florei terestre pare să fi împrumutat, din acea lume a stelelor, cîteva plante, care creşteau la marginea *Căii Lactee* înainte de a fi fost aduse pe Pămînt.

Totuşi, cunoştinţele lor depăşesc orice limită a verosimilului atunci cînd vorbesc despre *Sirius*. În opinia astronomilor de azi, aceasta-i o stea dublă, formată dintr-un mare astru alb şi fierbinte, Sirius A, însoţit de un companion extrem de greu şi dens, o pitică albă, Sirius B. În fapt, descoperirea lui Sirius B a fost una din marile victorii ale astrofizicii şi a reprezentat primul indiciu serios în legătură cu mersul istoriei viitoare a Soarelui, cu explozia sa, cînd îşi va fi terminat hrana nucleară, şi colapsul său pînă la dimensiunea Pămîntului, păstrîndu-şi aproape întreagă aceeaşi masă enormă. Dar iată ce ne spun *dogonii* despre steaua Sirius B, ori steaua Po : „Ea este cea mai mică şi cea mai grea dintre toate stelele". Mitologia lor — pentru că este numai mitologie, nu ştiinţă — mai adaugă că ea se roteşte în jurul

astrului principal al sistemului Sirius pe un cerc, într-un timp de 50 de ani. Însă datele astronomice exacte, aflate la dispoziția noastră, ne arată că Sirius B execută o rotație completă într-o perioadă de 49,9 ani. Pe de altă parte, această stea este invizibilă cu ochiul liber, ieșind din marginea celor șase magnitudini stelare pînă la care obiectele cosmice mai pot fi zărite fără lunetă. Între istoria folclorică și datele astronomice este o potrivire prea mare pentru a crede că înțelepții magi ai *dogonilor* au vorbit în stare de transă, căci am admite posibilitatea unei intuiții supranaturale, capabile să scurtcircuiteze calea trudnică ce folosește calcule, telescoape și astrospectrografe și să spună nemijlocit adevărul. Într-adevăr, pentru a rămîne raționali, trebuie să căutăm altceva pentru a explica lista acestor coincidențe extraordinare cu datele precise ale științei de azi.

Observăm că tezaurul legendelor ezoterice din folclorul *dogonilor* este accesibil numai celor posedînd un limbaj special, care-i scoate din rîndul celor anonimi, al celor care nu știu. Denumirea acelui grai misterios și artificial este inspirată de numele stelei *Sirius*. De fapt, steaua și limbajul sînt desemnate prin același cuvînt, „Sigui", „steaua Sigui" și „limba Sigui". Există vreun fapt cu totul special, pe care îl relevă astronomia și istoria astronomiei în legătură cu steaua Sirius?

Așa cum spuneam, strălucitorul Sirius, astrul *Alfa* din constelația *Cîinele Mare*, nu-și dezvăluie ochilor neînarmați cu lunete decît componenta cea mare. Aceasta este o stea albă ori albastră (opinia actuală a cercetătorilor nu este încă fixată în această privință), care poate că n-a fost întotdeauna așa. Și nu ne referim aici la scara de *eoni* a timpului astrofizic, ci la cea a istoriei oamenilor, la secole și milenii. Astfel, în secolul V î.e.n., poetul grec Eschil vorbea despre „... focul arzător al Cîinelui", „Cîinele" fiind *Sirius*; însă văpaia focului este de obicei asociată culorii *roșu deschis*, deci asta e nuanța în care cei antici vedeau astrul. Alți autori antici, care ne-au scris despre culoarea lui, ni-l descriu ca pe *un astru excepțional de roșu*, de un roșu depășind în acuitate stacojiul decolorat al lui Marte, „planeta roșie" prin excelență, utilizată ca etalon. Observațiile acestea se pot întîlni în scrierile lui Seneca, un filozof roman din secolul I e.n., care a fost o vreme mentorul împăratului Nero. În sfîrșit, Ptolemeu, astronomul grec din secolul II e.n., îl include în clasa *stelelor roșii*. E prea puțin probabil ca toți acești autori antici să fi greșit în același sens; erorile umane au cel mai adesea un caracter fluctuant. De aceea astronomii din epoca modernă, care au

comentat bizara incongruență cu datele noastre de culoare, au interpretat-o ca rezultatul unei observații reale. Astrul Sirius, „Cîinele", era într-adevăr *roșu* la vremea aceea, deși imensa majoritate a stelelor trebuie să se fi prezentat cu aceeași culoare pe care le-o vedem și astăzi. Este păcat că nu dispunem de o serie continuă de mărturii cromatice despre Sirius. Începînd cu secolul III al erei noastre, știința elenistică decade, înăbușită de un val de obscurantism adus de religii monoteiste, care alimentau fanatismul și intoleranța. Ori, poate că presiunile imperiale romane au reușit să distrugă orice germene de gîndire independentă. Abia după căderea Imperiului Roman, crîmpeie de știință vor ajunge să renască. În secolul X, în perioada de înflorire a culturii arabe, astronomul persid Abdel Rahman Al Sufi se dedică primei lucrări majore de astronomie, scrise de la *Almagesta* pînă la el. Era *Tratatul despre stelele fixe*, în care și-a însemnat cu grijă și culorile astrelor; iar în paginile manuscrisului, Sirius e zugrăvit ca o *stea albă*, deci cu aparența familiară de azi.

Din datele astrofizice actuale știm mult mai mult despre stele decît toți astronomii antici și medievali împreună. Totuși, aceste cunoștințe nu ne ajută prea mult în înțelegerea gamei rapide de fenomene care au putut provoca la Sirius transformarea cromatică din roșu în alb. Știm că modificările de culoare ale unei stele obișnuite nu pot avea loc decît printr-un mers lent pe linia secvenței principale a diagramei Hertzsprung-Russel. O evoluție de la roșu la alb în cîteva secole pur și simplu nu-și are locul în teoriile astrofizienilor, sau cel puțin nu pentru o stea cu proprietățile observate ale lui Sirius.

Pe la mijlocul anilor 1960 s-a exprimat opinia că „folclorul astronomic" al *dogonilor*, de un neașteptat grad al potrivirii cu lumea reală, chiar cu o realitate accesibilă doar simțurilor umane amplificate de aparate, ar fi pur și simplu urmarea unui contact, într-o epocă îndepărtată, cu ființe raționale din altă lume, dintr-un alt sistem stelar. Rolul capital jucat de Sirius în sistemul acestor credințe, precum și ciudatele transformări ale imaginii astrului din vremea lui Ptolemeu și Seneca pînă în secolul X, se pot constitui într-o invitație la conjectura că extratereștrii ar fi putut veni din direcția lui Sirius. Extraordinara bogăție de detalii despre cele două stele știute în acea poziție de pe cer, precum și faptul că *dogonii* vorbesc și despre un al treilea astru, care s-ar afla în sistemul lui Sirius, un astru cu un supranume ciudat, „micul soare al femeilor", ne fac să

dezvoltăm ipoteza că acolo s-ar fi putut într-adevăr dezvolta o civilizație rațională care, în salturile ei prin spațiu, să fi ajuns și în sistemul solar, pe suprafața Pământului. Evident, nu avem nici o idee despre mijlocul de transport pe care aceștia l-ar fi putut folosi. Totuși, din considerații simple de fizică, putem spune că procesul trebuie să fi implicat un consum de energie imens în motoare, chiar dacă nu știm cum vor fi arătat acele propulsoare. Din îndreptățite motive de optimizare a energiei și timpului cerut de aventura transportului spațial, ei nu trebuie să se fi îndepărtat prea mult de la linia dreaptă, *calea luminii*, drumul cel mai scurt de la Sirius la Pământ. Pe de altă parte, cel de-al doilea principiu al termodinamicii ne mai spune că nu toată această energie consumată în motoare s-a putut transforma în lucrul mecanic al deplasării ; parte din ea s-a risipit în mod necesar în spațiu.

Însă unica modalitate de disipare a căldurii în spațiu este doar prin radiația unei suprafețe cu o arie largă, o intensă emanație infraroșie, care la viteze remarcabile ale astronavei ar putea să intre, conform efectului Doppler-Fizzeau, în marginea roșie din spectrul vizibil. De aici profundul roșu venind din direcția stelei *Cîinelui Mare* și care reprezenta suprafața imensă a astronavei ce radiază energia pe care n-o poate transforma în lucru, astronavă ce se comportă ca un paravan, ecranînd lumina proprie, albă ori albastră, a lui Sirius.

Evident, în faza decelerării, pentru că sistemul solar nu poate fi abordat decît cu viteze mici, fenomenul acela cromatic, provocat de vitezele mari ale navei, trebuie să fi încetat. De aceea, prin secolul X, un astronom din lumea arabă putea constata, cu explicabilă uimire, o schimbare față de litera, sacră aproape, a textului *Almagestei* lui Ptolemeu.

Din nou, dacă era cumva un act de rutină străveche, repetiția ultimă a unui parcurs știut din timpuri cînd continentele Terrei formau acea unică și mare năframă uscată, lipită pe o planetă altminteri cu față lichidă, „astronava" ori, mai curînd, un „modul" trimis de pe ea, putea să fi oprit în regiunea aceluiași cot al Nigerului, mijlocul virtual al fostei *Pangea*. Automate cu programe euristice puteau studia, mai mult sau mai puțin nevăzute, schimbările produse în mediu și în aparența ființelor. Apoi, să fi contactat oamenii acelui loc, să le insufle vise de construcție și cunoaștere, care să fi dus la înălțarea în deșert a unui mare oraș, ori la făurirea unei fascinante mitologii cosmice.

BIBLIOGRAFIE

Ambarcumian, V. A., et al., *Problemy sovremennoj kosmogonii*, Moskva, Nauka, 1972.

Amnuel, R. P., *Eti strannye rentgenovskie istočniki*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 2, 1979, p. 29—35.

Amnuel, P. R., *Černye dyry-skol'ko ih ?* în „Zemlja i vselennaja", nr. 6, 1975, p. 8—12.

Andreeva, E., *Ezoteričeskie znanija... byli li oni ?*, în „Tehnika molodeži", nr. 10, 1980, p. 50—52.

Arochi, L. E., *La piramide de kukulcan, su simbolismo solar*, Mexico, Orion, 1977.

Azbel, M. I., *Mir v kotorom živut zvězdy*, Moskva, Znanie, 1972.

Bakouline, P., et al., *Astronomie générale*, Moskva, Editura Mir, 1975.

Barcow, J. D. și Silk, J., *The structure of the early universe*, în „Scientific American", aprilie 1980, p. 98—108.

Biraud, F. și Ribes, J. C., *Le dossier des civilisations extra-terrestres*, Paris, Fayard, 1970.

Bisnovatyi-Kogan, G. S., *Fenomen pul'sara*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 2, 1974, p. 23—28.

Blinnikos, S. I., *Belye karliki*, Moskva, Znanie, 1977.

Boiko, A. D., *Vnutri šarovogo zvězdnogo skoplenija*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 6, 1978, p. 34—39.

Černye dyry, Moskva, Mir, 1978.

Dicks, D. R., *Early Greek astronomy to Aristotle*, London, Thames and Hudson, 1970.

Dole, S., *Habitable planets for man*, New York, Elsevier, 1970.

Doroškeviči, A. G. *Vozniknovenie galaktik i rasširajuščejsja vselennoj*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 6, 1979, p. 18—22.

Dyson, F. și Haar, D. Ter., *Neitronnye zvězdy i pul'sary*, Moskva, Mir, 1973.

Efremov, I. N., *Gorizonty astronomii*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 3, 1978, p. 50—58.

Filipaș, T., *O imagine a universului vizibil*, în „Magazin", nr. 1090, din 26 aug. 1978, p. 3.

Filipaș, T., *Mișcarea metagalactică a Pământului*, în „Magazin", nr. 1098, din 21 oct. 1978, p. 1.

Filipaș, T., *O galaxie enigmatică*, în „Magazin", nr. 1107, din 23 dec. 1978, p. 1.

Filipaș, T., *Insulele de hidrogen din cosmos*, în „Magazin", nr. 1181, din 24 mai 1980, p. 4—5.

Filipaș, T., *Evoluția materiei în univers*, în „Magazin", nr. 1182, din 31 mai 1980, p. 4.

Filipaș, T., *Modelul unui ipotetic contact cu o civilizație extraterestră*, în „Știință și tehnică", nr. 4, 1981, p. 24—25.

Galilei, G., *Dialog despre cele două sisteme principale ale lumii, ptolemaic și copernican*, București, Editura științifică, 1962.

Ghindilis, L. M., *Kosmičeskie civilizacii*, Moskva, Znanie, 1973.

Ghindilis, L. M., *Parazitel'naja astronomija dogonov*, în „Tehnika molodëž", nr. 1, 1978, p. 57.

Hetelius, V. G., *Issledovanija astroklimata*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 2, 1977, p. 69—77.

Holmes, D. C., *The search for life in other worlds*, New York, Sterling, 1967.

Hoyle, F., *Man in the universe*, New York, Columbia University Press, 1967.

Jeans, J., *The misterious universe*, Cambridge University Press, 1948.

Kaplan, S. A., *Fizika zvëzd*, Moskva, Nauka, 1977.

Kaplan, S. A. și Kardašev, N. S., *Astroinžinerija*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 3, 1977, p. 66—74.

Klypin, A. A. și Surdin, V. G., *Krupno-maštabnaja struktura vselennoj*, Moskva, Znanie, 1981.

Komberg, B. V., *Kvazarj-svidetели roždenija galaktik*, Moskva, Znanie, 1981.

Komberg, B. V., *U istokov vnegalaktičeskoj astronomii*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 4, 1978, p. 62—65.

Kurt, V. G., *Ot „nazemnoj" k „kosmičeskoj astronomii"*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 5, 1977, p. 29—32.

Labeyrie, A., *Mieux voir les étoiles*, în „La Recherche", nr. 67, mai 1976, p. 421—431.

Laplace, P.-S., *Exposition du système du monde*, Paris, Bachelier, 1835.

Lindner, H., *Physik im kosmos*, Leipzig, VEB Fachbuch-verlag, 1979.

Liustiberg, V., *Mežvëdnyj skitales vbliži Luny?*, în „Znanie-Sila", nr. 8, 1973, p. 24—25.

Lunan, D., *A l'écoute des galaxies*, Paris, Robert Laffont, 1976.

Makovescki, P., *Poiyvnye vnezemnyh civilizacij : čto, gde i kogda iskati*, în „Znanie-Sila", nr. 8, 1978, p. 46—48.

Marlenskij, A. D., *Učebnyj zvëzdnyj atlas*, Moskva, Prosveščenie, 1970.

Martynov, D. I., *Kurs praktičeskoj astrofiziki*, Moskva, Nauka, 1977.

Misner, Charles W. și alții, *Gravitation*, San Francisco, W. H. Freeman Company, 1973.

Muller, R. A., *The cosmic backround radiation and the new aether drift*, în „Scienitfic American", mai 1978, p. 64—74.

Naselëmnyj kosmos, Moskva, Nauka, 1972.

Neiačenko, I. I., *Andromeda*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 6, 1975, p. 82—83.

Neiačenko, I. I., *Vozničij*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 3, 1976, p. 87.

Neiačenko, I. I., *Cefej*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 3, 1977, p. 93—94.

Novikov, S. B., *Optičeskie teleskopy-problemy nastojaščego i perspektivy buduščego*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 5, 1974, p. 47—56.

Novikov, I. D., *Za kraem gravitacionnoj bezdny*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 5, 1977, p. 52—57.

Novikov, I. D., *Černye dyry vo vselennoj*, Moskva, Znanie, 1977.

Popovici, C. și alții, *Dicționar de astronomie și astronautică*. București, Editura științifică și enciclopedică, 1977.

Porcevskij, K. A., *Planetarii mira*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 6, 1975, p. 70—77.

Rastorguev, A. S., *Zvëzdy šarovyh skoplenij*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 4, p. 16—21.

Roulet, A., *A la recherche des extraterrestres*, Paris, Julliard, 1973.

Rubcov, V. și Morozov, I., *Sirius, kotorogo my ne znaem*, în „Tehnika molodëži", nr. 1, 1978, p. 54—57.

Rubcov, V., *Vniz po lestnice veduščej verh*, în „Tehnika molodëži", nr. 10, 1980, p. 53—54.

Ryle, M. și Hewish, A., *Sovremennye problemy astrofiziki*, Moskva, Znanie, 1976.

Šklovskij, I. S., *Radioastronomie*, Moskva, Edition en langues étrangères, 1958.

Šklovskij, I. S., *Vselennaja, Žizn'. Razum*, Moskva, Nauka, 1965.

Šklovskij, I. S., *Zvëzdy, ih roždenie, žizn' i smert'*, Moskva, Nauka, 1975.

Tormasian, G. M., *Vnegalaktičeskaja radioastronomija*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 3, 1977, p. 10—15.

Veron, P., *Les Quasars*, Paris, P.U.F., 1974.

Vigroux, L., *Les nuages de Magellan*, în „La Recherche", nr. 99, aprilie 1979, p. 346—354.

Vnezemnye civilizacii, Moskva, Nauka, 1969.

Voroncov-Veliaminov, B. A., *Krasnoe smeščenie v spektrah galaktik i kvazarov* în „Zemlja i vselennaja", nr. 6, 1974, p. 22—26.

Voroncov-Veliaminov, B. A., *Vnegalaktičeskaja astronomija*, Moskva, Nauka, 1978.

Weliachew, L., *Messier 82, ou la fausse galaxie explosive*, în „La Recherche", nr. 67, mai 1976, p. 464—467.

Zasov, A. V., *Spiral'nye vetvy. Zdes'roždajutsja zvězdy*, în „Zemlja i vselennaja", nr. 6, 1974, p. 2—10.

CUPRINS

Cap. I Mituri și constelații 5
Cap. II Cosmologiile vechi 22
Cap. III Măsura timpului astronomic și mișcările Pământului 32
Cap. IV Invenția lunetei 42
Cap. V Telescopul cu oglindă metalică 52
Cap. VI Cerul se lărgește 61
Cap. VII Lumină și culoare în univers 70
Cap. VIII Instrumentația astronomică și „limitele creșterii" 81
Cap. IX Galaxiile și Galaxia 93
Cap. X Radioastronomia 105
Cap. XI Expansiunea universului și Marea Explozie . . 115
Cap. XII Quasarii 126
Cap. XIII Steaua neutronică 138
Cap. XIV „Fantome negre în univers" 150
Cap. XV Mediul interstelar 161
Cap. XVI Căutarea civilizațiilor extraterestre . . . 171
Cap. XVII Interpretările paradoxului Störmer . . . 182
Cap. XVIII Modelul unui ipotetic contact cu o civilizație extraterestră 193
Bibliografie 205